

TÂNIA DANIELA FERREIRA MARTINS

**POTENCIAIS EVOCADOS RELACIONADOS A EVENTOS
(ERP-P300) NA AVALIAÇÃO DO BENEFÍCIO DO IMPLANTE
COCLEAR EM HIPOACÚSIAS NEUROSENSORIAIS
UNILATERAIS**

Orientador: Jorge Oliveira

**Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Escola de Psicologia e Ciências da Vida**

Lisboa

2017

TÂNIA DANIELA FERREIRA MARTINS

**POTENCIAIS EVOCADOS RELACIONADOS A EVENTOS
(ERP-P300) NA AVALIAÇÃO DO BENEFÍCIO DO IMPLANTE
COCLEAR EM HIPOACUSIAS NEUROSSENSORIAIS
UNILATERAIS**

Dissertação defendida em provas públicas na
Universidade Lusófona de Humanidades e
Tecnologias (ULHT) no dia 19 de junho de 2017,
perante o júri, nomeado pelo Despacho
de Nomeação de Júri nº 185/2017, de 7 de junho
de 2017, com a seguinte composição:

Presidente: Prof. Doutor Paulo Lopes,

Arguente: Prof.^a Doutora Fátima Gameiro

Orientador: Prof. Doutor Jorge Oliveira

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Escola de Psicologia e Ciências da Vida

Lisboa 2017

Atrás de cada linha de chegada, há uma partida.

Atrás de cada conquista, vem um novo desafio.

Madre Teresa de Calcutá

Qualquer pessoa que te motiva a ser melhor,

é alguém que vale a pena manter por perto.

Autor Desconhecido

Dedico este trabalho aos meus pais e avó,
pelo amor e apoio incondicional.

Agradecimentos

A conclusão desta tese foi a meta de uma caminhada que só foi possível alcançar graças à presença de várias pessoas, para mim, imprescindíveis. Segue um especial agradecimento a todas elas.

Em primeiro lugar quero agradecer ao Prof. Doutor Jorge Oliveira pela receptividade em aceitar ser meu orientador, por toda a disponibilidade, flexibilidade, rapidez, orientação, opiniões e confiança ao longo de todo este percurso.

Em segundo lugar quero agradecer ao meu colega Diogo Ribeiro, de quem tive grande apoio desde o início, por me ter proporcionado a ideia deste desafio, pela paciência, pela revisão dos textos e opinião crítica acerca dos mesmos, acima de tudo pela sua amizade. Muito Obrigada, este trabalho é também teu.

Ao Prof. Doutor Paulo Lopes que me deu oportunidade de iniciar o caminho, de ingressar no Mestrado em Neuropsicologia.

Ao Professor Doutor João Paço, Diretor Clínico do Hospital CUF Infante Santo, pela oportunidade que me deu em realizar o estudo neste mesmo hospital.

Aos meus colegas de mestrado, por todos os bons momentos partilhados das 18h às 24h.

Às minhas colegas Mafalda e Glória pela disponibilidade e colaboração sempre demonstrada.

Aos meus restantes amigos, pela compreensão das vezes que não estive.

Aos que participaram na amostra deste estudo tornando-o possível.

Um especial agradecimento à minha família, por me apioarem sempre no meu percurso profissional e pessoal.

A todos os que direta ou indiretamente me ajudaram.

Muito obrigada!

Resumo

O P300 reflete a habilidade cognitiva dos indivíduos na deteção e resposta a um estímulo. Nos últimos anos, este método tem vindo a destacar-se na investigação dos benefícios do uso do Implante Coclear (IC) que consiste numa prótese neuronal para reabilitação de surdez neurosensorial. O presente trabalho tem como principal objetivo avaliar o benefício do IC, na capacidade cognitiva de discriminação de estímulos verbais no ruído, em indivíduos com hipoacusia neurosensorial unilateral (HNU), através do P300. É um estudo de natureza descritiva exploratória de coorte transversal, constituído por uma amostra de 4 indivíduos, 2 com HNU portadores de IC e um grupo de controlo constituído por 2 normo-ouvintes. Foram aplicadas as tarefas Digit Span e a Decisão Lexical para avaliar a memória e atenção, respetivamente. Por forma realizar uma avaliação cognitiva dos indivíduos aplicou-se a Bateria de Avaliação Frontal (FAB) e a Avaliação Cognitiva de Montreal (MoCA). Perante uma análise dos resultados pode-se verificar o benefício do IC através de um aumento das amplitudes do P300 que se evidenciam com o uso deste comparativamente aos resultados na condição sem implante coclear.

Palavras-Chave: P300; Privação Auditiva; Implante Coclear; Neuroplasticidade; Cognição

Abstract

P300 reflects individual's cognitive ability to detect and respond to a stimuli. In recent years, this method has been emphasized in the investigation of the benefits of using the Cochlear Implant (CI) wich consists of a neural prosthesis for the rehabilitation of sensorineural hearing loss. The present study has as main objective the evaluation of the benefit of CI, in the cognitive capacity of discrimination of verbal stimuli in noise, in individuals with sensorineural single sided deafnesss (SSD) through P300. It is a descriptive exploratory cross-sectional study consisting of a sample of 2 individual's sensorineural SSD with CI and a normo-hearing control group. The Digit Span and the Lexical Decision tasks were applied to evaluate memory and attention, respectively. In order to perform a cognitive evaluation of the individuals, the Frontal Assessment Battery (FAB) and the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) were applied. In the analysis of the result, the benefit of the CI can be verified through an increase in the amplitudes of the P300 that evidenced with use the CI compared to the results without cochlear implant condition.

Keywords: P300; Hearing Deprivation; Cochlear Implant; Neuroplasticity; Cognition

Abreviaturas, Siglas e Símbolos

SSD – Single Sided Deafness

ERP – Potenciais Evocados Relacionados a Eventos

IC – Implante Coclear

HNU – Hipoacusia neurosensorial unilateral

HN – Hipoacusia Neurosensorial

RB – Ruído branco

TTB – *two talker babble*

FAB – Bateria de Avaliação Frontal

MoCA - Montreal Cognitive Assessment

SIC – Sem implante coclear

CIC – Com implante coclear

OE – Ouvido externo

OM – Ouvido médio

OI – Ouvido interno

NA – Nervo auditivo

CAE – Canal auditivo externo

CC – Células ciliadas

CCE – Células ciliadas externas

CCI – Células ciliadas internas

NC – Núcleo coclear

COS – Complexo olivar superior

CI – Colículo inferior

CGM – Corpo geniculado médio

CAP – Córtex auditivo primário

HD – Hemisfério direito

HE – Hemisfério esquerdo

FE – Funções executivas

(fMRI) – ressonância magnética funcional de imagem

dB – Decibel

Hz - Hertz

DA – Doença de Alzheimer

Índice

1.Introdução.....	1
2.Referencial teórico.....	2
2.1 Neuroanatomofisiologia do sistema auditivo	2
2.1.1 Sistema Auditivo Periférico	2
2.1.2 Sistema Nervoso Auditivo Central.....	3
2.2. A Audição	5
2.2.1 Audição monoaural versus binaural	5
2.2.2. Neuroplasticidade.....	6
2.3. Implante Coclear.....	6
2.3.1. Reabilitação	7
2.3.2- Neuroplasticidade IC	7
2.4. Potenciais Evocados Relacionados a Eventos	9
2.4.1. P300.....	9
2.7 Privação Auditiva e Demência.....	11
3.Objetivos.....	14
4.Método.....	15
4.1 Participantes.....	15
4.2 Instrumentos.....	15
4.3 Procedimentos.....	16
4.4 Análise Estatística.....	19
5. Resultados.....	20
6. Discussão dos Resultados	22
6.1 Limitações do Estudo.....	24
6.2 Estudos Futuros.....	25
7. Conclusão	26
8. Referências Bibliográficas.....	27
9.Anexos	38
Anexo 1 – Inquérito.....	i
Anexo 2 – Informação aos Pacientes.....	iii
Anexo 3 – Consentimento Informado	v
Anexo 4 – Gráfico de Blamey	vii

Anexo 5 - Tabelas de Resultados	ix
Anexo 6 - Lista de Palavras Decisão Lexical	xi
Anexo 7 – Gráficos P300	xiii

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Pontuações na FAB e no MoCA	x
Tabela 2 - Resultados da tarefa Digit Span	x
Tabela 3 - Tabela de resultados da tarefa decisão lexical.....	x

Índice de Figuras

Figura 1 - Modelo de 3 estágios de desempenho auditivo ao longo do tempo mostra os fatores utilizados nas análises. reproduzido a partir de Blamey et al. 1996.....	viii
Figura 2 - Paciente JS com e sem implante com ruído branco.....	xiv
Figura 3 - Paciente MG com e sem implante com ruído branco	xv
Figura 4 - Paciente JS com e sem implante com two talker babble	xvi
Figura 5 - Paciente MG com e sem implante com two talker babble.....	xvii
Figura 6 - Grupo de controlo, paciente GQ com ruído branco.....	xviii
Figura 7 - Grupo de controlo, paciente GQ com two talker babble	xix
Figura 8 - Grupo de controlo, paciente LB com ruído branco	xx
Figura 9 - Grupo de controlo, paciente LB com two talker babble	xxi
Figura 10 - Distribuição topográfica dos pacientes do grupo clinico no RB	xxii
Figura 11 - Distribuição topográfica grupo clinico TTB.....	xxiii
Figura 12 - distribuição topografica grupo de controlo RB e TTB	xxiv

1.Introdução

A capacidade de percepção do discurso que varia amplamente nos portadores de implante coclear (IC) considera-se estar associada com a integridade das vias auditivas centrais desde o nervo auditivo até ao córtex (Siegel, & Saprú, 2011). A surdez unilateral tem um grande impacto na vida da pessoa levando, por vezes, ao isolamento social, sendo o IC a prótese neuronal mais eficaz para a reabilitação auditiva destes casos (Tokita, Dunn, & Hansen, 2014; Zeng, 2004). Estima-se que este tipo de perda adquirida permanente de grau severo a profundo afete entre 12 a 27 em cada 100.000 pessoas da população mundial, sendo a maioria de origem súbita ou idiopática (Baguley, Bird, & Prevost, 2006). Dados atuais mostram que a audição binaural é superior à audição monoaural principalmente na compreensão da fala em ambientes ruidosos e na localização da fonte sonora. (Junior, Pinna, Alves, Malerbi, & Bento, 2016). A percepção da fala no ruído é difícil para portadores de IC, mesmo com alguns anos de uso e nestes últimos anos o P300 tem vindo a destacar-se na investigação dos benefícios do uso de IC, sendo um marcador objetivo na avaliação da percepção da fala no ruído destes indivíduos (Obuchi, Harashima, & Shiroma, 2012; Soshi et al., 2014).

Propusemo-nos então a realizar um estudo com o principal objetivo de avaliar através do P300, o benefício do uso de IC em pacientes com hipoacusia neurosensorial unilateral (HNU) na capacidade cognitiva para a discriminação de estímulos verbais no ruído. Na sequência deste estabelecemos objetivos específicos: explorar diferenças entre o ruído branco (RB) e o two talker babble (TTB), efeitos do tempo de privação auditiva e efeitos de lateralidade do P300, e correlacionar a memória e atenção com o efeito da privação auditiva, através dos resultados obtidos nas tarefas Digit Span e Decisão Lexical. De forma a realizar uma avaliação cognitiva dos participantes da amostra utilizou-se o MoCA e a FAB.

As normas utilizadas para citações e referências bibliográficas, para a parte textual e para as tabelas foram as definidas pela American Psychological Association (APA) e adaptadas pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

2.Referencial teórico

2.1 Neuroanatomofisiologia do sistema auditivo

O sistema auditivo é frequentemente dividido em Periférico e Central.

2.1.1 Sistema Auditivo Periférico

O sistema auditivo periférico é constituído pelo ouvido externo (OE), ouvido médio (OM), ouvido interno (OI) e nervo auditivo (NA). O som é inicialmente captado pelo pavilhão auricular em forma de energia acústica e conduzido ao longo do canal auditivo externo (CAE) ao ouvido médio, onde se converte em energia mecânica e, posteriormente, ao OI, onde se transforma em representações neuronais do sinal acústico, na cóclea e além desta (Musiek & Baran, 2007).

A função do OM é amplificar e transmitir a energia recebida pela MT através da cadeia ossicular ao ouvido interno (cóclea) (Musiek & Baran, 2007).

Anatomicamente o OI encontra-se situado no osso temporal, no rochedo, e é constituído por estruturas sensoriais responsáveis por funções auditivas (cóclea) e vestibulares (vestíbulo e canais semicirculares). A cóclea é formada pelo canal e ducto coclear. Por sua vez o ducto coclear é formado ao longo do canal por duas membranas (basilar e de Reissner) dividindo-o em três rampas, vestibular (superior), timpânica (inferior) e média ou ducto coclear (que contém o órgão de Corti). A rampa vestibular e a timpânica ontêm ambas no seu interior a perilinfa, líquido rico em sódio (Na^+), comunicando por sua vez entre si através do helicotrema, um pequeno orifício no ápice da cóclea, enquanto a rampa média contém a endolinfa, líquido rico em potássio (K^+) (Salvi, Sun & Lobarinas, 2007).

O órgão de Corti é formado por dois tipos de células: as sensoriais, (ciliadas externas (CCE) e as células ciliadas internas (CCI)); e as de sustentação. Ambas estão apoiadas ao longo da membrana basilar desde a base até ao ápice (Gelfand, 2010). As CC estão equipadas na sua superfície com recetores sensoriais, os estereocílios, a deflexão destes causada pelo movimento da membrana basilar, é responsável pela abertura dos canais de K^+ e Na^+ , que iniciam o potencial elétrico na célula e que é depois transmitido ao neurónio aferente e levado para o Tronco Cerebral (Brodal, 2010; Gelfand, 2010).

2.1.2 Sistema Nervoso Auditivo Central

O SNAC é composto pelo Tronco Cerebral, o Subcortex auditivo (substância branca subcortical e região do gânglio basal), o córtex auditivo e as vias inter-hemisféricas (incluindo o corpo caloso). Dentro do tronco cerebral encontram-se o complexo olivar superior (COS), lemnisco lateral, colículo inferior (CI) e o corpo geniculado médio (CGM) (Musiek, & Baran, 2007).

A acção mecânica do OM em resposta às ondas sonoras externas vai causar vibrações no fluído do OI, estimulando assim as CC. Posteriormente as fibras nervosas que compõem o ramo do NA, produzem potenciais de ação que são enviados bilateralmente, de forma ipsilateral, para o complexo dos NC (Musiek, & Baran, 2007). O estímulo prossegue dos NC para o COS, primeiro local onde uma variedade de entradas ipsi e contralaterais fornecem ao sistema condições anatómicas para funções únicas na audição binaural. Do COS o estímulo cruza a linha média para o CI no mesencéfalo e posteriormente para o CGM, no tálamo (Brodal, 2010). O CGM contém a divisão ventral, dorsal e medial. A divisão ventral parece ser a porção da CGM que transmite informação específica de discriminação auditiva (da fala) para o córtex cerebral (Musiek, & Baran, 2007).

A partir do CGM os sinais são enviados para o CAP (circunvolução de Heschl). Por sua vez, a circunvolução de Heschl (área 41 de Brodmann) está localizada no plano supratemporal de cada lobo temporal. O CAP é considerado o local onde a percepção auditiva começa estando organizado em bandas com especificidade frequencial que paralelam o *layout* das faixas de frequências auditivas mapeadas na cóclea. Processa vários elementos do som, nomeadamente a frequência, o *loudness*, timbre e duração (Atcherson & Stooddy, 2012; Zilmer, Spiers & Culbertson, 2008).

Funcionalmente, o córtex auditivo parece estar dividido em três áreas, núcleo (**core**), **cinto e parabelt**, dando cada uma destas áreas origem a diferentes níveis de processamento (Atcherson & Stooddy, 2012).

Para a compreensão da fala não é somente necessário a identificação de sons (tons puros), para tal é requerida a capacidade de diferenciar fonemas, tais como vogais e consoantes, que apresentam um espectro frequencial complexo. Posteriormente ao processamento das características do som no CAP, elas são decodificadas em sons de fala compreensíveis na área de processamento auditivo secundário, conhecida como área de Wernicke que inclui o córtex

auditivo secundário. Esta área serve de conexão entre o som das áreas auditivas primárias com o significado de palavras armazenado no córtex. As circunvoluções supramarginais e angulares dos lobos parietais inferiores, áreas de associação superior, são contíguas à área de Wernicke e os dois estão estreitamente integrados. Estas áreas, servem para reunir informação visual e espacial dos lobos occipital e parietal com informações auditivas. A circunvolução angular desempenha um papel na compreensão de leitura combinando palavras e sons de palavras (fonemas como o som de /ba/) com símbolos escritos da linguagem (grafemas como b) (Zilmer, Spiers, & Culbertson, 2008).

O sistema auditivo de cada hemisfério recebe informação de ambos os ouvidos, o que resulta numa representação binaural do som (Zilmer, Spiers, & Culbertson, 2008). Embora as vias auditivas centrais sejam predominantemente cruzadas, existe uma componente não cruzada significativa, pelo que lesões unilaterais podem não produzir um défice auditivo claro (Brodal, 2010).

Encontram-se no sistema auditivo duas vias, a via aferente (ascendente) descrita anteriormente, e a via eferente (descendente), semelhante mas em sentido oposto do sistema aferente (Musiek, & Baran, 2007).

Outra estrutura importante relacionada com o sistema auditivo é o istmo do corpo caloso. O corpo caloso é um grande feixe de aproximadamente 200 milhões de fibras nervosas mielinizadas que permite a troca de informação entre os dois hemisférios cerebrais (Musiek, & Baran, 2007).

Um hemisfério, geralmente o esquerdo, é dominante para a fala, significando isto que o córtex cerebral esquerdo processa preferencialmente os sons da fala, ao passo que o direito processa sons não verbais (Zilmer, Spiers, & Culbertson, 2008).

Além dos componentes corticais que controlam a receção auditiva (CAP e área de Wernicke) e a produção de fala (área de Broca e córtex motor), a linguagem requer pensamento e extensas interligações superiores com o planeamento da tarefa e centros de memória. As conexões neuronais subcorticais, incluindo porções dos gânglios da base e do tálamo, também desempenham um papel na linguagem. Pode-se conceituar o processamento percetivo-sensorial como um processo ascendente da lógica sensorial (*bottom-up*) uma cada um dos domínios do cérebro procura fazer com que a informação recebida faça sentido. Cada vez mais é evidente

que são impostas percepções sobre a informação sensorial num processamento designado de “de cima para baixo” (*top down*) (Zilmer, Spiers, & Culbertson, 2008).

2.2. A Audição

A audição é o sentido pelo qual os sons são percebidos, por sua vez o som é qualquer flutuação da pressão do ar que provoca a sensação da audição. O que percebemos como tonalidade auditiva (*pitch*) está relacionado com a frequência das vibrações e a sensibilidade auditiva (*loudness*) está relacionado com a sua amplitude. Qualquer alteração que surja no sistema auditivo traduz-se numa alteração na percepção dos sons, hipoacusia (Evans, 2003).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde a hipoacusia é classificada quanto ao tipo e quanto ao grau tendo em conta a etiologia e a perda de intensidade, respetivamente (Organization, 2016). A hipoacusia neurosensorial é um tipo de perda de audição causada por lesões no ouvido interno (Evans, 2003).

2.2.1 Audição monoaural versus binaural

As vantagens da audição binaural, baseiam-se em três mecanismos: efeito de Somação Binaural (Redundância Binaural), Silenciador Binaural (Squelch) e o Efeito de Sombra da cabeça (Avan, Giraudet, & Buki, 2015; Mertens, Punte, De Bodt, & de Heyning, 2015). Os dois primeiros mecanismos refletem o processamento central, onde há necessidade de uma integração neuronal da informação proveniente de ambos os lados (fusão binaural), enquanto o terceiro é visto como um fenómeno monoaural que não requer qualquer integração auditiva dos dois sinais, a escuta é realizada individualmente por cada ouvido (Mertens, Punte, De Bodt, & de Heyning, 2015).

O efeito de Somação Binaural refere-se ao aumento da percepção do *loudness* na presença de um som, com aproximadamente a mesma sensibilidade auditiva, simultaneamente em ambos os ouvidos. Quando a intensidade de um som é perto de 0 dB SL a vantagem binaural é de aproximadamente 3 dB, enquanto para sons maiores ou iguais 35 dB SPL, a vantagem binaural é de aproximadamente 6 dB (Gelfand, 2010). Este processo afeta diretamente o reconhecimento da fala, podendo melhorar o limiar de percepção da fala (SRT) entre 0,5 a 2 dB em indivíduos com audição normal (Cox, DeChicchis, & Wark, 1981).

O efeito Squelch refere-se à capacidade do sistema auditivo central para separar o som que realmente importa do ruído provenientes de fontes espacialmente separadas tendo como base a análise das diferenças interaurais de tempo e intensidade (Avan, Giraudet, & Buki, 2015). Esta capacidade de fazer uso das pistas de localização é significativamente reduzida perante uma audição monoaural. Nos casos de uma audição monoaural requer uma maior proporção de SNR (rácio sinal/ruído) para comunicar de forma eficaz porque as vantagens da somação e silenciador binaural não estão disponíveis (Valente, Fernandez, & Monroe, 2011).

O Efeito de Sombra da Cabeça é um efeito de difração no som causado pela cabeça que conduz a diferentes SNR (Avan, Giraudet, & Buki, 2015; Kitterick et al., 2014). O SNR no ouvido mais afastado do ruído é tanto maior quanto maior a cabeça. Como resultado, pode existir uma diferença de mais de 15 dB no SNR entre os dois ouvidos (Avan, Giraudet, & Buki, 2015).

Uma outra grande vantagem da audição binaural é a estereofonia, capacidade baseada na integração da informação no cérebro proveniente dos dois ouvidos. Por outro lado a estereofonia permite criar uma perspetiva tridimensional (3D) que leva a uma ilusão robusta que confere ao estímulo aspetos de profundidade e localização.

O IC é a única alternativa de reabilitação no caso de perda unilateral capaz de proporcionar à pessoa uma audição binaural com capacidade estereofónica (Offeciers et al., 2005).

2.2.2. Neuroplasticidade

A neuroplasticidade é a capacidade de modificação das conexões neuronais como resultado de experiências perante a adaptação a novas circunstâncias. O cérebro adulto gera continuamente novas células nervosas, um processo conhecido como neurogénese, em que uma das regiões mais ativas é o hipocampo, área fortemente envolvida também na aprendizagem e memória. Devido à capacidade de plasticidade cerebral muitos declínios podem ser revertidos (Ernst & Frisén, 2015; Neuroscience, 2012).

2.3. Implante Coclear

O IC é a prótese neuronal mais eficaz para a reabilitação auditiva em pacientes com surdez neurosensorial, severa a profunda, através da estimulação direta do nervo auditivo, substituindo a função das CC (Corado, 2002; Zeng, 2004). A estimulação é realizada através

de corrente elétrica aplicada pelo feixe de elétrodos implantado na escala timpânica. Cada elétrodo é responsável pela estimulação de determinadas células do gânglio espiral que se espalham ao longo da cóclea pelo que se mantém assim um processo tonotópico similar ao natural da cóclea. Os IC possuem uma parte externa e outra interna, tendo todos eles 4 componentes em comum: um microfone para captar os sons e transformá-los em sinais elétricos; um processador de sons que codifica os sinais elétricos; um sistema de transmissão que faz a ligação entre o processador e os componentes implantados; um recetor - estimulador unido a um feixe de elétrodos que tem uma estrutura flexível, sendo esta a parte introduzida na cóclea (Corado, 2002).

2.3.1. Reabilitação

O principal objetivo da reabilitação é restabelecer a audição, no caso das perdas unilaterais para além deste é também importante o benefício binaural que o IC vai proporcionar (Avan, Giraudet, & Buki, 2015).

A colocação do IC proporciona melhorias significativas na compreensão da fala em situações desafiadoras, na perceção subjetiva do desempenho auditivo assim como na qualidade de vida (Rouger, Fraysse, Deguine, & Barone, 2008; Távora-Vieira, Marino, Acharya, & Rajan, 2015).

Existem fatores preditores determinantes no desempenho auditivo, no programa de reabilitação, de pacientes implantados, dos quais se destacam o tempo de privação auditiva, com surdez pós ou pré – lingual, bem como a etiologia. Após a implantação, o tempo de uso do IC é também um fator determinante para o desempenho auditivo (Blamey, Artieres, Baskent et al., 2013). Após anos de privação auditiva, os circuitos neuronais afetados pela perda de plasticidade, necessitam de mais tempo e treino para que se consiga obter novamente base anatómica funcional para usufruir dos benefícios binaurais (Keating & King, 2013).

No modelo reproduzido a partir de Blamey et al (1996), verifica-se uma diminuição no desempenho auditivo ao longo do tempo após o aparecimento da surdez, que se reverte após a colocação do IC, refletindo uma evolução positiva, provavelmente reflexo da reorganização cerebral desencadeada pela reabilitação e treino auditivo (Blamey et al., 2013). (ANEXO 4)

2.3.2- Neuroplasticidade IC

Através de alguns estudos verificou-se que não há desenvolvimento do córtex auditivo sem estimulação, contudo o processo de plasticidade do sistema auditivo cortical mantém-se preservado, mesmo durante longos períodos de privação sensorial (surdez) (Peterson, Pisoni, & Miyamoto, 2010).

Estudos realizados com neuroimagem funcional através da avaliação do fluxo sanguíneo de pacientes com IC em repouso, mostram evidências de que a alteração a longo prazo da experiência auditiva, como a surdez profunda seguida de recuperação parcial com IC, levam a reorganizações corticais funcionais. Verificou-se também um incremento da atividade cerebral, mesmo sem qualquer estímulo visual ou auditivo, no córtex visual, auditivo, área de Broca e córtex temporal posterior, desde o momento da ativação do IC até menos de um ano após a implantação (Strelnikov et al., 2010). Estes padrões de atividade cerebral observados em repouso refletem as estratégias adaptativas compensatórias por forma a otimizar a compreensão da fala. Essas reorganizações podem ser expressas como diferentes níveis de ativação em áreas auditivas envolvidas no processamento de fala semântico e /ou fonológico (Giraud et al., 2000), bem como a implicação de áreas visuais ou audiovisuais (Giraud, Price, Graham, Truy, & Frackowiak, 2001) que estão ligadas às estratégias de inteligibilidade da fala audiovisual (leitura labial), tipicamente desenvolvidas por estes pacientes (Desai, Stickney, & Zeng, 2008; Rouger et al., 2017; Rouger, Fraysse, Deguine, & Barone, 2008).

Para além destas observações, verificou-se que também no estado de repouso, os pacientes com IC apresentam maior nível de atividade na circunvolução occipital inferior (córtex visual) em relação ao grupo de controlo, assim como uma maior atividade específica nas áreas visuais em resposta a palavras auditivas, o que demonstra a recuperação progressiva das funções auditivas muito provavelmente está relacionada com a compensação intermodal induzida pela duração da surdez (Strelnikov et al., 2010).

A plasticidade do córtex auditivo é fortemente determinada pela duração da privação auditiva, pelo que a absorção intermodal de áreas temporais correlaciona-se com a duração da surdez (Lee et al., 2007). Assim sendo, a colocação do IC deve ser realizada o mais cedo possível de forma a evitar a absorção de regiões auditivas por outras modalidades. Contudo, em determinados casos em que a colocação do IC é mais tardia, já com possível absorção intermodal da região auditiva, sugere-se, de modo a tornar-se mais eficiente o processo de reabilitação, que este abranja funções cognitivas gerais e não apenas circuitos especializados dedicados à audição e reconhecimento de padrões audiovisuais. A plasticidade do córtex visual em portadores de IC adultos facilita a reabilitação auditiva, uma vez esta área pode ser crítica na capacidade de aprender e usar pistas visuais adicionais no auxílio na compreensão da fala (Strelnikov et al., 2010).

Em suma, a colocação do IC oferece uma visão única dos mecanismos corticais subjacentes à plasticidade funcional do adulto devido à modalidade sensorial perdida.

2.4. Potenciais Evocados Relacionados a Eventos

Os ERP são variações da atividade elétrica captadas no couro cabeludo, de pequena voltagem, com origem em estruturas cerebrais em resposta a eventos ou estímulos específicos (Huang, Chen, & Zhang, 2015). Estas flutuações eletroencefalográficas (picos ou deflexões) são, assim, potenciais elétricos em tempo limitado para eventos sensoriais, motores ou cognitivos (memória, atenção e funções executivas) (Arezzo, Schroeder, & Peterson, 1995; Dinteren, Arns, Longsma, & Kessels, 2014), fornecendo uma abordagem segura e não-invasiva para estudar correlatos psicofisiológicos dos processos mentais. Eletrofisiologicamente, eles refletem a atividade global dos potenciais pós-sinápticos produzidos quando um grande número de neurónios piramidais corticais se orientam sincronizadamente durante o processamento da informação (Arezzo, Schroeder, & Peterson, 1995). A sequência e as latências dos componentes dos ERP representam a trajetória temporal do processamento da informação em milissegundos, enquanto as amplitudes indicam a extensão do poder neuronal ou dos processos cognitivos específicos (Dinteren, Arns, Longsma, & Kessels, 2014). Embora o seu pico de latência seja normalmente à volta dos 300 ms (milissegundos), quanto mais complexo for o processamento do estímulo exigido pela tarefa, maior será a latência, apresentando uma ampla gama que varia entre os 250 e os 1000 ms (Duncan et al., 2009).

2.4.1. P300

O P300 é classificado como um ERP auditivo endógeno ou cognitivo (McPherson, Ballachanda, & Kaf, 2007). Tendo sido descrito pela primeira vez por Sutton et al., é talvez o componente ERP mais extensivamente estudado em investigações de funções cognitivas. Sutton et al descrevem-no como *“a maior alteração, da amplitude, do componente do pico positivo da onda que atinge o seu pico de amplitude à volta dos 300 ms”* (Sutton, Braren, & Zubin, 1965). Apesar do progresso ao longo destes últimos 25 anos, não existe ainda um conhecimento preciso sobre as origens neuronais exatas do P300, assim como o seu significado neuropsicológico (Huang, Chen, & Zhang, 2015).

Em algumas ocasiões pode surgir como um pico bimodal, P300a e P300b, em que P3a está presente independentemente da participação do indivíduo, enquanto P3b ocorre quando o

indivíduo está ativamente envolvido na detecção do estímulo (McPherson, Ballachanda, & Kaf, 2007).

A integridade do lobo frontal é necessária para a origem de P3a, assim como para mecanismos de controlo da atenção, visto este componente surgir apenas quando a tarefa evoca atenção suficiente para a detecção do estímulo raro num paradigma *oddball* (Knight, 1984; Knight, Graboweky, & Scabini, 1995; Verbaten, Huyben, & Kemner, 1997). Tem-se verificado que padrões de ativação do lobo pré-frontal estão associadas a várias tarefas cognitivas, tais como, aspetos de perceção, seleção de resposta, controlo executivo, memória de trabalho, memória episódica e resolução de problemas (Duncan & Owen, 2000). O P3a aparece relacionado com alterações neuronais no córtex cingulado anterior (ativação frontal durante a realização da tarefa) quando os estímulos substituem o conteúdo da memória de trabalho. A comunicação destas mudanças representacionais é transmitida para estruturas infero-temporais que neste contexto fazem atualização do índice da tarefa para apresentações de estímulos futuros (Huang, Chen, & Zhang, 2015).

Por outro lado o componente P3b parece ocorrer quando ativações de recursos atencionais subsequentes promovem operações de memória nas áreas temporo-parietais, mais precisamente na formação do hipocampo com saída atualizada transmitida ao córtex parietal (Brázdil, Rektor, Daniel, Dufek, & Jurák, 2001; Brázdil, Roman, Daniel, & Rektor, 2003).

Assim, é razoável supor que a origem do P3a e P3b decorre da ativação frontal e temporal/parietal (Ebmeier et al., 1995; Kirino, Belger, Goldman-Rakic, & McCarthy, 2000). A corroborar, estudos de ERP e fMRI que usaram o paradigma *oddball* também obtiveram padrões consistentes que fundamentam que a origem do P300 decorre da interação entre o lobo frontal e a função hipocampal/temporo-parietal, (Ebmeier et al., 1995; He, Lian, Spencer, Dien, & Donchin, 2001; Kiehl, Laurens, Duty, & Forster, 2001). Este ponto de vista resulta de pressupostos neurocognitivos de que os estímulos recebidos evocam atenções *top-down* (orientadas pelas instruções/tarefa), que induz o *bottom-up* (impulsionado pelo estímulo) evocando memória que conduz a operações guia, de organização e produção da resposta (Voyer & Ingram, 2005). Por sua vez, os mecanismos de atenção frontal que são responsáveis pela ativação neuronal para a novidade (Daffner et al., 2000; Suwazono, Machado, & Knight, 2000) implicam o controlo do top-down (Bledowski et al., 2004; Dien, Spencer, & Donchin, 2004; Kiehl et al., 2005).

Pensa-se que a ativação durante a discriminação auditiva do paradigma *oddball* possa ter origem no córtex frontal direito (Polich, 1997), uma vez que se tem verificado uma

amplitude maior sobre o lado direito quando comparado com o esquerdo nomeadamente nas áreas frontais/centrais (Alezander & Polich, 1995; Alexander et al., 1996; Mertens & Polich, 1997). Existe também uma variabilidade individual nas amplitudes do P3a e P3b, muito provavelmente, associadaa ao tamanho da área do lobo frontal e parietal, respetivamente (Bledowski, Prvulovic, Goebel, Zanella, & Linden, 2004; Dien, Spencer, & Donchin, 2004).

Em suma, as caraterísticas do estímulo e a complexidade da tarefa são determinantes para a avaliação do P300 contribuindo para diferentes resultados topográficos e temporais observados no couro cabeludo (Debener , Kranczioch, Herrmann, & Engel, 2002; Gaeta, Friedman, & Hunt, 2003; Polich & Comerchero, 2003). O P300 pode estar alterado em diversas situações, nomeadamente perante défices de atenção seletiva, mecanismos de alerta, estado de consciência, e condições psicológicas. Dois processos cognitivos estão portanto associados à produção do P300, a atenção e a memória (Huang, Chen, & Zhang, 2015).

A área pré-frontal é responsável pela atenção sustentada e seletiva, sendo fundamental nos processos de controlo voluntária da atenção, tendo o lobo frontal direito maior importância no controlo destes processos, enquanto o lobo parietal é responsável por preparar os mapas sensoriais necessários para o controlo da atenção (Portellano, 2005). A atenção seletiva é a expressão mais refinada da atenção, constituindo o nível hierárquico mais elevado dos processos atencionais. Compreende a capacidade para a seleção e integração de estímulos específicos assim como a capacidade de selecionar e ativar processos cognitivos nos estímulos ou atividades que interessam, anulando as irrelevantes (Gomes, Duff, Barnhardt, Barrett, & Ritter, 2007).

A memória evocada no p300 é a memória de trabalho ou curto prazo declarativa e episódica. A memória de trabalho entende-se como um componente cognitivo que permite o armazenamento temporário de informação com capacidade limitada num estado ativo. A memória declarativa refere-se ao saber que algo aconteceu, esta atinge o nível consciente e está associada com a estimulação do lobo temporal medial (hipocampo, amígdala) e a não declarativa refere-se ao saber como algo aconteceu. Por fim a memória episódica é relativa a eventos autobiográficos que podem ser lembrados conscientemente, como o relembrar de lugares por onde passou ou sons que ouviu (Portellano, 2005).

2.7 Privação Auditiva e Demência

O défice cognitivo e a perda auditiva (já descrita anteriormente) são duas condições neurológicas distintas que estão associadas ao envelhecimento. O défice cognitivo refere-se

genericamente a um espectro de condições que vão desde o comprometimento cognitivo ligeiro à demência total (Gurgel et al., 2014).

Tem sido demonstrado que há provável sobreposição da função auditiva periférica, função auditiva central e função cognitiva (Humes, 1996; Humes et al., 2012). O declínio num desses domínios poderá potencialmente influenciar os demais. Em vários estudos epidemiológicos, a perda auditiva associada à idade mostrou estar correlacionada, por si só, com a diminuição da função cognitiva e o aumento da incidência da demência, também a presença ou ausência de perda de audição influencia do mesmo modo o desenvolvimento mais rápido da demência (Gallacher et al., 2012; Lin et al., 2011; Lin et al., 2013; Lin et al., 2004; Uhlmann, Larson, Rees, Koepsell, & Duckert, 1989).

Lin et al. relatam que o risco de demência, de diversas origens, aumenta linearmente com a gravidade da perda auditiva e que a perda auditiva está associada, por si só, com piores resultados nos testes de memória (Lin et al., 2011).

Por outro lado um estudo australiano sobre o envelhecimento demonstrou que o comprometimento cognitivo pode acelerar o grau de perda auditiva neurosensorial (Gallacher et al., 2012).

Existem várias linhas de evidência que sugerem que a perda auditiva pode predispor a demência devido à falha neuronal. Uma destas linhas de evidência demonstra uma associação genética e molecular entre certos tipos de demência e perda auditiva (Klein et al., 2013; Klein et al., 2011). Sinha et al. relatam um padrão de degeneração topograficamente específico e consistente no sistema auditivo de pacientes com doença de alzheimer (DA) As placas senil e os emaranhados neurofibrilares, características histológicas da DA, foram distribuídos por toda a via auditiva central no núcleo ventral do corpo geniculado médio e núcleo central do colículo inferior (Sinha, Hollen, Rodriguez, & Miller, 1993).

Outra das linhas de evidência sugere que a perda auditiva prejudica a carga cognitiva necessária para realizar uma determinada tarefa cognitiva. Foi demonstrado que em condições onde a percepção auditiva é difícil, maiores recursos cognitivos são dedicados ao processamento perceptivo auditivo em detrimento de outros processos cognitivos, como a memória de trabalho (Lin et al., 2011; Pichora-Fuller, Schneider, & Daneman, 1995; Rabbitt, 1968; Tun, McCoy, & Wingfield, 2009).

Do ponto de vista clínico seria de extrema importância saber se a intervenção, via reabilitação auditiva, alteraria o curso do declínio cognitivo, por outro lado saber também se a

deteção de declínio cognitivo através de avaliações auditivas poderia levar a uma intervenção precoce (Gurgel et al., 2014).

Desta forma propusemo-nos então a realizar um estudo para explorar efeitos da privação auditiva assim como, avaliar através do P300 o benefício do uso de IC em pacientes com HNU na capacidade cognitiva para a discriminação de estímulos verbais no ruído.

3.Objetivos

O presente trabalho tem como principal objetivo avaliar o benefício do IC, na capacidade cognitiva de discriminação de estímulos verbais no ruído, em indivíduos com hipoacúsia neurosensorial unilateral (HNU) através do P300. Como objetivos específicos propusemo-nos a explorar as diferenças entre o ruído branco (RB) e o *two talker babble* (TTB), efeitos do tempo de privação auditiva, efeitos de lateralidade do P300, diferenças nos resultados da tarefa Digit Span, tanto na pontuação total como na ordem direta e inversa, perante diferentes tempos de privação auditiva. Por fim, explorar diferenças nos tempos de reação da resposta na tarefa Decisão Lexical relativamente às condições CIC e SIC, assim como a diferentes tempos de privação auditiva.

4.Método

4.1 Participantes

A amostra do presente estudo é constituída por 4 indivíduos, 2 com HNU portadores de IC (Cochlear Nucleus 6, de 22 elétrodos), e um grupo de controlo de 2 indivíduos normo-ouvintes. Um dos participantes do grupo clínico é do sexo masculino, 43 anos de idade com 5 meses de privação auditiva e 10 meses de uso de IC, à data da recolha de dados, cuja perda auditiva foi súbita e de etiologia desconhecida. O segundo participante do mesmo grupo é do sexo feminino, 40 anos de idade com 36 anos de privação auditiva e com 2 meses de uso de IC, à data da recolha dos dados, cuja perda foi também súbita devido a papeira aos 4 anos de idade. O grupo de controlo é constituído por um participante do sexo feminino de 38 anos de idade e um do sexo masculino de 42 anos de idade. Quanto ao grau de escolaridade, os dois participantes do grupo clínico e um do grupo de controlo possuem licenciatura e o outro participante do grupo de controlo possui mestrado. Todos os participantes são destros.

Os critérios de inclusão admitidos foram: maior de 18 anos, IC num ouvido e audição normal no ouvido contralateral; como critérios de exclusão assumimos: patologia de ouvido médio, perturbações neuropsiquiátricas e/ou comportamentais.

4.2 Instrumentos

Dos instrumentos utilizados para a realização deste trabalho fazem parte: exames audiológicos (audiograma tonal e timpanograma), audiómetro AC40, colunas, programa Audacity®, medida psicofisiológica ERP-P300, eletroencefalograma (EEG), equipamento Brain Vision v1.05 (BrainAmp Standard from Brain Products, GmbH), SuperLab 4.5, SuperLab Pro, MoCA versão 7.1, FAB, escala de lateralidade, inquérito (história clínica) (ANEXO1), computador portátil, gravador, aplicação para medição do som Decibel 10 Th versão 5.1.2.

MoCA

É um instrumento de rastreio de avaliação cognitiva breve, cuja administração requer aproximadamente 10 a 15 minutos, desenvolvido principalmente para avaliar formas mais ligeiras de declínio cognitivo. O MoCA avalia 8 domínios cognitivos: funções executivas; capacidade visuoespacial; memória a curto prazo; linguagem; atenção; concentração; memória de trabalho; e orientação temporal e espacial. A sua pontuação total tem uma amplitude de 0 a

30 pontos, em que uma pontuação igual ou superior a 26 é considerada normal (Freitas, Simões, Alves, & Santana, 2011; Freitas, Simões, & Santana, 2013; Nasreddine et al., 2005;).

FAB

A Bateria de Avaliação Frontal (FAB) é uma ferramenta e útil, de administração breve para a avaliação das funções executivas (FE), constituída por 6 subtestes que exploram diferentes habilidades relacionadas com os lobos frontais: concetualização; flexibilidade mental; programação; sensibilidade à interferência; controlo inibitório; e autonomia ambiental. A constatação de que os resultados da FAB correlacionam-se com medidas bem estabelecidas da função do lobo frontal é importante para fins clínicos, pois mostra ser uma medida válida e objetiva das FE (Lima, Meireles, Fonseca, & Castro, 2008).

Digit Span

O digit Span é uma subescala da escala de Wechsler, composto por sequências de dígitos na ordem direta e ordem inversa. Estas duas ordens possuem pontuações próprias, contudo são combinadas para obter a pontuação final da própria escala digit span. A ordem inversa e ordem direta parecem suportar funções diferentes em que a ordem direta é uma tarefa de memória auditiva de curto prazo, sequenciamento e expressão verbal simples (Hale, Hoepfner, & Fiorello, 2002), enquanto a ordem inversa é mais sensível a défices na memória de trabalho (Rosenthal, Riccio, Gsanger, & Jarrat, 2006).

4.3 Procedimento

O presente estudo apresenta uma natureza transversal descritiva, sendo a seleção da amostra obtida por conveniência. Antes de qualquer procedimento relativo ao desenrolar deste estudo, foi realizado o respetivo pedido de parecer à Comissão de Ética e Deontologia da Investigação Científica da Escola de Psicologia e Ciências da Vida da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Após a devida autorização, foi iniciada a investigação, cumprindo todos os princípios éticos. Foram também realizados pedidos de autorização (ANEXO 2) aos indivíduos para a sua participação no estudo por forma a garantir máxima confidencialidade e utilização dos dados obtidos. Para além do pedido de autorização foi entregue um documento informativo referente ao estudo a todos os participantes (ANEXO 3).

A primeira fase da recolha da amostra foi realizada no centro Clínico de Otorrinolaringologia do Hospital Cuf Infante Santo na qual se obtiveram os resultados dos exames comportamentais, por forma a excluir patologias de OE/OM e confirmar audição normal no ouvido contralateral ao do IC, aplicando-se também o MoCA e a FAB. A segunda fase foi realizada no laboratório da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa com a realização do P300, assim como das restantes tarefas neuropsicológicas, o Digit Span com algarismos auditivos e a decisão lexical com 10 palavras e 10 pseudo-palavras (ANEXO 6) para avaliar a atenção auditiva, ambas realizadas na condição CIC e SIC.

Registo do P300

A atividade cerebral elétrica foi recolhida através de 11 eléctrodos Ag/AgCl, calculada numa janela de análise dos 250 aos 1000 ms após a apresentação do estímulo, sendo o P300 extraído para uma positividade a partir dos 250 ms. O P300 foi realizado em campo livre, sempre com a mesma metodologia em quatro condições diferentes: uma condição referente ao IC (Com IC ou Sem IC) e outra condição sobre o ruído de fundo durante a tarefa P300 (*Two Talker Babble* TTB) ou com (ruído branco RB). Estas condições foram apresentadas aleatoriamente entre indivíduos. O ruído TTB foi criado através do programa Audacity com a colocação simultânea de duas conversas gravadas com voz feminina.

Os eléctrodos foram colocados no couro cabeludo de acordo com o sistema internacional 10-20 para as coordenadas de colocação dos eléctrodos (Jasper, 1958) com as seguintes posições: Fz, Pz, Cz (configuração mínima), C3, C4, P3, P4, Fpz (*ground/terra*), M1, M2 (negativos/referência, mastóide esquerda e direita respetivamente) e o VEOG (em cima do olho direito) para monitorização dos movimentos oculares. As impedâncias medidas em cada eléctrodo tiveram valores próximos do valor máximo estipulado para a impedância adequada para a realização do teste, cerca de 10 K Ω . Para o tratamento dos resultados foi aplicada uma taxa de digitalização de 1000 Hz (hertz), com filtro *online* (filtro *notch* de 50 Hz) e filtros *offline* *highpass* 1 Hz e *lowpass* 70 Hz, sendo rejeitados os artefatos superiores a 75 μ V.

Estímulos

Os estímulos foram apresentados no Paradigma Oddball, no qual é apresentado um estímulo raro (oddball) com uma probabilidade de 20% aleatória e alternada com o estímulo frequente, não podendo o estímulo raro ocorrer duas vezes consecutivas. O participante foi instruído a carregar na tecla “espaço” cada vez que ouvisse o estímulo raro. Estes foram

enviados em campo livre através de duas colunas colocadas a 1m de distância à frente do participante e com um ângulo de $\sim 30^\circ$ cada, a uma intensidade de 65 dB nHL e o ruído de fundo a 50 dB nHL, SNR de 15 dB. Para calibração das intensidades foi utilizada a aplicação Decibel 10 Th versão 5.1.2.

Nos estímulos verbais utilizou-se o estímulo consoante/vogal (CV), /ba/ga, sendo o fonema /ba/ o estímulo frequente e o /ga/ o estímulo raro, num total de 200 apresentações em que 160 foram o estímulo frequente e 40 referentes ao estímulo raro, estas sílabas diferem apenas no local de articulação, tornando-se difíceis de discriminar. Os sons de vogais consistem principalmente em baixas frequências (maior energia), enquanto as consoantes contêm frequências mais altas (menor energia). A percepção do *loudness* por um ouvinte vem principalmente dos sons de baixa frequência, por outro lado, a capacidade de discriminar corretamente duas palavras ou sílabas, dentro da mesma palavra, está mais dependente dos sons das consoantes (Henkin, Tetin-Schneider, Hildesheimer, & Kishon-Rabin, 2009; Valente, Fernandez, & Monroe, 2011).

O P300 demonstrou ser uma boa medida de avaliação usando estes estímulos de discriminação auditiva que exigem o processamento de breves sinais temporais-espectrais, tais como o local de articulação produzindo correlações significativas entre as manifestações neurofisiológicas e comportamentais da discriminação de fala (Henkin, Tetin-Schneider, Hildesheimer, & Kishon-Rabin, 2009).

Foram utilizados dois tipos, o Ruído Branco (RB) e o *Two Talker Babble* (TTB). O RB mascara energeticamente a informação espectral e temporal de sinais de voz (mascaramento energético) enquanto o TTB provoca não só efeitos de mascaramento energético, mas também de informação tais como percepção equivocada da informação fonológica, exigindo maior carga cognitiva da atenção dividida, e/ou a concorrência de palavra-conhecimento (Cooke, Lecumberri, & Barker, 2008; Freyman, Balakrishnan, & Helfer, 2004; Mattys, Brooks, & Cooke, 2009). O ruído TTB tem sido muitas vezes usado para mascarar eficazmente o discurso alvo, sendo adequado para avaliar os efeitos de interferências na percepção da fala dos usuários de IC em situações de comunicação comuns (Brungart, Simpson, Ericson, & Scott, 2001; Cooke, Lecumberri, & Barker, 2008; Freyman, Balakrishnan, & Helfer, 2004; Mattys, Brooks, & Cooke, 2009; Nelson & Jin, 2004; Tyler, Noble, Dunn, & Witt, 2006). Como resultado, o ruído TTB pode afetar mais severamente a percepção da fala dos usuários de IC, embora estes sejam vulneráveis na percepção da fala perante os dois tipos de ruído (Fu & Nogaki, 2005).

4.4 Análise Estatística

Por limitações relacionadas com o tamanho da amostra, o presente estudo baseou-se apenas numa análise estatística descritiva, sendo do tipo descritivo exploratório de coorte transversal. Para análise deste estudo foi colocado como objetivo principal, avaliar o benefício do IC, na capacidade cognitiva de discriminação de estímulos verbais no ruído, em indivíduos com hipoacúsia neurosensorial unilateral (HNU) através do P300. Como objetivos específicos propusemo-nos a explorar diferenças entre o ruído branco (RB) e o *two talker babble* (TTB), efeitos do tempo de privação auditiva, efeitos de lateralidade do P300, diferenças nos resultados da tarefa Digit Span tanto na pontuação total como na ordem direta e inversa perante diferentes tempos de privação auditiva. Por fim explorar diferenças nos tempos de reação da resposta na tarefa Decisão Lexical relativamente às condições CIC e SIC assim como a diferentes tempos de privação auditiva.

Para a análise do benefício do IC comparamos amplitudes em cada paciente do grupo clínico na condição CIC e na condição SIC, tanto na presença de RB como de TTB, explorando assim também os efeitos dos dois tipos de mascaramento em todos os elétrodos. Esta análise foi realizada detalhadamente com base nas amplitudes em cada elétrodo, nomeadamente no Fz, Cz, Pz, C3, C4, P3 e P4. Por forma a verificar a lateralidade do P300 compararam-se amplitudes na zona central e posterior de ambos os lados C3/C4 e P3/P4 em todas as condições. A mesma análise foi feita no grupo de controlo. Por fim foi feita a comparação das amplitudes e latências entre o grupo clínico e o grupo de controlo.

Relativamente às tarefas realizadas no digit span (tabela 2) analisámos o número de sequências corretas entre a ordem inversa e direta, assim como a pontuação total, comparando as condições CIC e SIC assim como com o grupo de controlo. Na tarefa de decisão lexical (tabela 3) foram analisados os valores do tempo de reação da resposta em ambos os grupos e no grupo clínico em ambas as condições.

5. Resultados

Relativamente aos resultados obtidos no MoCA (tabela1) assim como na FAB (tabela1) todos os participantes obtiveram pontuações dentro da normalidade.

Perante a análise dos resultados do P300 do paciente JS no RB (fig.2) podemos verificar amplitudes na onda do P300 na condição CIC comparativamente com menores amplitudes na condição SIC em todos os elétrodos Fz, Cz, Pz, C3, C4, P3 e P4. Na zona central as amplitudes são maiores do lado direito (C4), tanto CIC como SIC, no entanto na zona posterior as maiores amplitudes verificam-se do lado esquerdo (P3), tanto CIC como SIC. Na paciente MG no RB (fig.3) verificam-se também maiores amplitudes na condição CIC em todos os elétrodos à exceção de Cz e Fz. Em Cz obteve-se a mesma amplitude CIC e SIC, por sua vez em Fz observou-se maior amplitude em SIC comparativamente à CIC. Neste caso o P300 é bem mais evidente nos 3 elétrodos na zona posterior (P3, Pz e P4). Verificam-se maiores amplitudes na zona central no lado direito tanto com CIC como SIC e na zona posterior SIC do lado direito. Apenas se verifica maior amplitude do lado esquerdo na zona posterior CIC. No paciente JS TTB (fig.4) verificam-se maiores amplitudes em todos os elétrodos CIC à exceção de P4, onde a amplitude é similar com e sem IC e P3 em que a amplitude é maior SIC. Neste caso o P300 mostrou-se com amplitude superior do lado direito tanto para a zona central como posterior à exceção da condição SIC na zona posterior, onde foi superior em P3. No paciente MG TTB (fig.5) verificam-se maiores amplitudes do P300 na condição CIC apenas para as zonas correspondentes aos elétrodos Fz, Cz e P3, sendo que é mais evidente na zona posterior comparativamente com todos os outros. Quanto à lateralidade verificaram-se maiores amplitudes do lado direito SIC (C4 e P4) e do lado esquerdo CIC (C3 e P3).

Relativamente aos dois tipos de ruído no paciente JS verificam-se maiores amplitudes na presença de ruído TTB (fig.4) em todos os elétrodos comparativamente com o RB (fig.2), principalmente na zona da linha média e nos elétrodos do lado direito (C4 e P4), tanto para a condição CIC como SIC. No paciente MG verificaram-se maiores amplitudes na presença de ruído TTB (fig.5) em Fz, Cz, C3 e P3 do que com RB (fig.3) para a condição CIC e em C3, C4, Pz, P3 e P4 para a condição SIC. No grupo de controlo: no paciente GQ RB (fig.6) verifica-se amplitude máxima na zona central do lado direito (C4), mostrando-se mais evidente do lado esquerdo para a zona posterior e no paciente LB com RB (fig.8) verifica-se amplitude máxima na zona posterior do lado direito (P4), sendo que na zona central apresenta maior amplitude em C3. No paciente GQ com TTB (fig.7) verifica-se maior amplitude do lado direito na zona

central (C4) comparativamente com o lado esquerdo, enquanto na zona posterior é maior do lado esquerdo (P3); no paciente LB com TTB (fig.9), mais uma vez, verifica-se um ligeiro aumento na zona central do lado direito (C4) comparativamente com o lado esquerdo (C3), enquanto na zona posterior verifica-se o oposto, maior amplitude em P3 comparativamente com P4. Comparando novamente os dois tipos de ruído no grupo de controlo, verifica-se a mesma diferença de amplitudes do grupo clínico, em que no paciente GQ são apresentadas maiores amplitudes com TTB do que com RB e o mesmo se verifica no paciente LB, à exceção da zona central (C3, Cz e C4) em que se verificam maiores amplitudes para o RB.

Relativamente às latências no paciente GQ com RB (fig.6) destaca-se o P300 mais precoce, enquanto o paciente LB (fig.8 e fig.9) apresenta valores de latências semelhantes aos do grupo clínico, embora neste último se verifiquem latências ligeiramente maiores.

Na tarefa digit span (tabela2) verifica-se que no grupo clínico houve um maior número de sequências corretas na ordem inversa comparativamente com a ordem direta e também comparativamente com a ordem inversa do grupo de controlo. No grupo de controlo o maior número de acertos foi na ordem direta, embora esta diferença entre ordens tenha sido menor do que no grupo de controlo. O paciente JS evidencia-se com melhores resultados comparativamente com os restantes participantes da amostra.

Na tarefa de decisão lexical (tabela3) foram analisados os valores do tempo de reação da resposta, onde se verificou ser menor no paciente JS na condição CIC comparativamente com SIC, contudo no paciente MG verificou-se o inverso.

Perante a análise dos mapas topográficos verifica-se uma maior ativação, correspondente a maior amplitude, nas condições CIC, tanto no paciente JS como no MG nos dois tipos de ruído, RB e TTB (fig.10 e fig.11), comparativamente com a condição SIC. Comparando a ativação entre os dois tipos de ruído, o TTB possui sempre uma escala de maior ativação comparativamente com o RB, à exceção da paciente MG em SIC (fig.10D e fig.11D), em que a ativação é maior para o RB. Comparado o grupo clínico com o grupo de normo-ouvintes, verifica-se uma maior ativação das áreas posteriores nos portadores de IC.

6. Discussão dos Resultados

A perda unilateral leva a adaptações extensivas do sistema auditivo central e consequentemente reflete-se a sua representação no cérebro (Kral, Hubka, & Tillein, 2015). Neste estudo pudemos verificar esse efeito perante um longo período de privação auditiva, contudo este declínio pode ser revertido através da reabilitação auditiva com o IC, cujo seu benefício ao nível cortical foi constatado através dos resultados do P300. Verificando-se este uma medida valiosa na investigação do efeito de várias variáveis tais como a percepção da fala em portadores de IC, idade da implantação, duração do uso de IC ou o tempo de privação auditiva (Henkin, Tetin-Schneider, Hildesheimer, & Kishon-Rabin, 2009). A descrição dos resultados será realizada para cada um dos objetivos traçados no estudo.

O P300 mostra-se um marcador objetivo para avaliar a melhoria da percepção da fala dos usuários de IC no ruído verificando-se uma correlação entre uma maior amplitude de p3 com uma melhor percepção da fala no ruído, ou seja melhor desempenho na discriminação, tanto a nível silábico como da palavra (Soshi et al., 2014). Perante esta evidência e tendo em conta os resultados é notável o benefício do IC.

Relativamente ao participante JS verifica-se o benefício do IC na capacidade cognitiva para a discriminação dos estímulos, tanto com RB como com TTB, com maiores amplitudes na condição CIC comparativamente SIC. No participante MG verifica-se também o benefício na condição CIC, não sendo este tão evidente como no paciente JS, muito provavelmente devido ao tempo de privação experienciado, assim como ao pouco tempo de uso do IC. Sabe-se que, entre outros fatores, quanto menor a duração da surdez, melhor o desempenho auditivo com o IC (Blamey, Artieres, Baskent et al., 2013; Group, 2004). A maior evidência na zona posterior do P300 verificada no participante MG pode ser devido a reorganizações corticais perante 36 anos de privação auditiva, com início aos 4 anos de idade (Peterson, Pisoni, & Miyamoto, 2010). Também perante a análise das amplitudes podem-se verificar diferenças entre o TTB e RB, existindo uma tendência clara para o ruído TTB afetar mais severamente a percepção da fala dos portadores de IC, do que o RB (Fu & Nogaki, 2005; Soshi et al., 2014). A diferença de amplitudes entre os dois tipos de ruído não se mostra tão evidente no paciente MG muito provavelmente devido aos mesmos motivos já referenciados anteriormente. Este aumento de uma forma geral das amplitudes do P300 na presença do ruído TTB pode ser explicado pelo facto da tarefa ser mais difícil, pelo que exige maior atenção. O RB mascara energeticamente a informação espectral e temporal de sinais de voz (mascaramento energético) enquanto o TTB

provoca não só efeitos de mascaramento energético mas também de informação, tal como a percepção equivocada da informação fonológica, exige maior carga cognitiva da atenção dividida e/ou a concorrência de palavra-conhecimento (Cooke, Lecumberri, & Barker, 2008; Freyman, Balakrishnan, & Helfer, 2004; Mattys, Brooks, & Cooke, 2009).

Comparando o grupo clínico e o grupo de controlo verificam-se, de uma forma geral, menores amplitudes no grupo de controlo comparativamente com o grupo clínico, o que pode ser explicado pelo facto da tarefa ser mais fácil para normo ouvintes, visto que lhes é exigida menor atenção, comparativamente com o grupo clínico. Quanto às latências, verifica-se um p300 ligeiramente mais tardio no grupo clínico, o que pode ser explicado pelo grau de dificuldade colocado pela tarefa. Embora o pico de latência do p300 seja normalmente à volta dos 300 ms, quanto mais complexo for o processamento do estímulo exigido pela tarefa, maior será a latência, tendo uma ampla gama que varia entre 250 – 1000 ms (Duncan et al., 2009).

Analisando os efeitos de lateralidade verificam-se maiores amplitudes ou seja, uma maior ativação das áreas do lado direito, nomeadamente na zona central, o que vai de encontro ao descrito na literatura em que se pensa que a ativação durante a discriminação auditiva do paradigma *oddball* possa ter origem inicialmente no córtex frontal direito (Polich, 1997). Estes resultados são corroborados por estudos em que se verifica uma maior amplitude do P300 no lado direito comparando ao esquerdo nas áreas frontais/centrais (Alexander et al., 1996; Alexander & Polich, 1995; Mertens & Polich, 1997). Na zona posterior tem-se verificado uma tendência para um P300 mais evidente do lado esquerdo P3.

Existe um predomínio funcional do HD, no controlo da atenção, que controla o despertar desde os núcleos da formação reticular do tronco encefálico. Este mantém uma estreita relação com a maior importância que o lobo parietal direito tem nos processos atencionais. As fibras que ligam a formação reticular ao córtex cerebral são mais densas no HD do que no HE. A realização de tarefas de discriminação atencional auditiva ativam assim, mais o metabolismo do HD em testes de neuroimagem funcional (Portellano, 2005).

Relativamente a efeitos de privação auditiva o p3 tem uma correlação positiva com o tempo de privação auditiva, assim como com o tempo de uso de IC. Vários estudos têm demonstrado que bons utilizadores de IC evidenciam o p3 mostrando um efeito significativo para o estímulo raro na zona central-posterior (Cz 500-700ms e Pz 650-900ms), enquanto maus utilizadores podem não evidenciar o p300 (Soshi et al., 2014). Estas evidências podem explicar os diferentes resultados obtidos entre os dois participantes do grupo clínico já referidos em

cima, em que o paciente JS experienciou 5 M de privação auditiva e 10M de uso de IC, enquanto o paciente MG experienciou 36 anos de privação e apenas 2M de uso de IC, à data da recolha dos dados.

Estudos realizados com neuroimagem funcional em pacientes com IC mostraram evidências de que a alteração de longo prazo da experiência auditiva, como a surdez profunda seguida de recuperação auditiva parcial com IC, leva a reorganizações corticais funcionais em repouso. Sem qualquer estímulo visual ou auditivo, os pacientes com IC apresentaram alterações no fluxo sanguíneo cerebral no córtex visual, auditivo, área de Broca e no córtex temporal posterior com um incremento de atividade nessas áreas desde o momento da ativação do IC até menos de um ano após a implantação (Strelnikov et al., 2010).

Relativamente aos mapas topográficos verifica-se uma menor ativação da área cortical com o P300 no paciente MG comparativamente com JS, o que pode ser explicado, como já referimos, pelos 36 anos de privação auditiva, verificando-se esta ativação em áreas posteriores. Tem-se verificado que no estado de repouso, os pacientes com IC apresentam maior nível de atividade na circunvolução occipital inferior (córtex visual) em relação ao grupo de controlo, assim como uma maior atividade específica nas áreas visuais em resposta a palavras auditivas, o que demonstra a compensação intermodal induzida pela duração da surdez (Strelnikov et al., 2010).

Na tarefa digit span (tabela2) verifica-se que no grupo clínico houve um maior número de sequências corretas na ordem inversa comparativamente com a ordem direta e também comparativamente com a ordem inversa do grupo de controlo. Ordem inversa e ordem direta parecem suportar funções diferentes em que a ordem direta é uma tarefa de memória auditiva de curto prazo, sequenciamento e expressão verbal simples (Hale, Hoeppepner, & Fiorello, 2002), enquanto a ordem inversa é mais sensível a défices na memória de trabalho (Rosenthal, Riccio, Gsanger, & Jarrat, 2006). No entanto será necessária a recolha de mais dados de forma a realizar uma interferência estatística tanto no digit span como na decisão lexical.

6.1 Limitações do Estudo

Uma das principais limitações deste estudo está relacionada com a amostra ser reduzida pelo que, embora os resultados estejam de acordo com o que está descrito na literatura, não nos permitiu realizar interferência estatística. No decorrer do mesmo por falha técnica não foi possível gravar os resultados da tarefa decisão lexical nos dois pacientes do grupo de controlo,

pelo que se perde esta parte de comparação com do grupo de IC com o grupo de controlo, no entanto é nosso objetivo recolher novamente estes dados.

6.2 Estudos Futuros

Para estudos futuros podemos sugerir avaliação do benefício do IC a longo prazo nas reorganizações corticais, com e sem treino auditivo. Verificar possível efeito da privação auditiva a longo prazo na demência/declínio cognitivo. São necessárias pesquisas futuras para investigar a relação e a neurobiologia subjacente da perda auditiva e da demência.

7. Conclusão

Embora não tenha sido feita uma análise estatística que permita afirmar com maiores certezas os resultados encontrados, estes vão de encontro ao descrito na literatura. Verificou-se um benefício evidente do IC na discriminação dos estímulos verbais na presença de ruído no P300, embora o nível de audição global num indivíduo com HNU seja semelhante ao de um normo ouvinte, as principais diferenças e benefícios ocorrem a um nível superior que a longo prazo tem efeito no mapeamento cortical. Verificou-se que o P300 é uma boa medida de avaliação da capacidade de discriminação da fala no ruído, evidenciando-se uma lateralização deste para o lado direito principalmente na zona central. Contudo será necessário continuar a recolha de dados por forma a realizar uma interferência estatística.

8. Referências Bibliográficas

- Alexander, J. E., & Polich, J. (1995). P300 differences between sinistrals and dextrals. *Cognitive Brain Research*, 2, 277 - 282.
- Alexander, J. E., & Polich, J. (1997). Handedness and P300 from Auditory Stimuli. *Brain and Cognition*, 35, 259 - 270.
- Alexander, J. E., Bauer, L. O., Kuperman, S., Morzorati, S., O'Connor, S. J., Rohrbaugh, J., . . . Polich, J. (1996). Hemispheric differences for P300 amplitude from an auditory oddball task. *International Journal of Psychophysiology*, 21, 189 - 196.
- Alezander, J. E., & Polich, J. (1995). P300 differences between sinistrals and dextrals. *Cognitive Brain Research*, 2, 277 - 282.
- Arezzo, J. C., Schroeder, C. E., & Peterson, N. N. (1995). Neural generators of early cortical somatosensory evoked potentials in the awake monkey. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 96, 248-260.
- Atcherson, S. R., & Stoody, T. M. (2012). Fundamental Principles of Neuroanatomy and Neurophysiology Related to Auditory Evoked Potentials. Em S. R. Atcherson, & T. M. Stoody, *Auditory Electrophysiology a Clinical Guide* (pp. 41 - 55). New York: Thieme.
- Avan, P., Giraudet, F., & Buki, B. (2015). Importance of Binaural Hearing. *Audiology & Neurotology*, 20, 3-6.
- Baguley, D. M., Bird, R. L., & Prevost, A. T. (2006). The evidence base for the application of contralateral bone anchored hearing aids in acquired unilateral sensorineural hearing loss in adults. *Clinical Otolaryngology*, 31, pp. 6-14.
- Blamey, P., Artieres, F., Baskent, D., & al., e. (2013). Factors Affecting Auditory Performance of Postlinguistically Deaf Adults Using Cochlear Implants: An Update with 2251 Patients. *Audiology & Neurotology*, 18, 36-47.
- Bledowski, C., Prvulovic, D., Goebel, R., Zanella, F. E., & Linden, D. E. (2004). Attentional systems in target and distractor processing: a combined ERP and fMRI study. *NeuroImage*, 22, 530 - 540.

- Bledowski, C., Prvulovic, D., Hoecstetter, K., Scherg, M., Wibrall, M., Goebel, R., & Linden, D. E. (2004). Localizing P300 Generators in Visual Target and Distractor Processing: A Combined Event-Related Potential and Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *The Journal Neuroscience*, 24, 9353 - 9360.
- Brázdil, M., Rektor, I., Daniel, P., Dufek, M., & Jurák, P. (2001). Intracerebral event-related potentials to subthreshold target stimuli. *Clinical Neurophysiology*, 112, 650 - 661.
- Brázdil, M., Roman, R., Daniel, P., & Rektor, I. (2003). Intracerebral somatosensory event-related potentials: effect of response type (button pressing versus mental counting) on P3-like potentials within the human brain. *Clinical Neurophysiology*, 114, 1489- 1496.
- Brodal, P. (2010). The Auditory System. Em P. Brodal, *The Central Nervous System - Structure and Function* (pp. 240 - 252). New York: Oxford.
- Brungart, D. S., Simpson, B. D., Ericson, M. A., & Scott, K. R. (2001). Informational and energetic masking effects in the perception of multiple simultaneous talkers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 110, 2527 - 2538.
- Cooke, M., Lecumberri, M. G., & Barker, J. (2008). The foreign language cocktail party problem: Energetic and informational masking effects in non-native speech perception. *Acoustical Society of America*, 123, 414 - 427.
- Corado, F. P. (2002). Descripción y funcionamiento del implante coclear. Em M. J. Manrique Rodríguez, & A. H. Irujo, *Implantes Cocleares* (pp. 43 - 62). Barcelona: Cochlear.
- Cox, R. M., DeChicchis, A. R., & Wark, D. J. (1981). Demonstration of Binaural Advantage in Audiometric Test Rooms. *Ear and Hearing*, 2, 196 - 202.
- Daffner, K. R., Mesulam, M. M., Scinto, L. F., Acar, D., Calvo, V., Faust, R., Holcomb, P. (2000). The central role of the prefrontal cortex in directing attention to novel events. *Brain*, 123, 927 - 939.
- Daffner, K. R., Mesulam, M. M., Holcomb, P. J., Calvo, V., Acar, D., Chabrierie, A., Scinto, L. F. (2000). Disruption of attention to novel events after frontal lobe injury in humans. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 68, 18 - 24.

- Debener, S., Kranczioch, C., Herrmann, C. S., & Engel, A. K. (2002). Auditory novelty oddball allows reliable distinction of top-down and bottom-up processes of attention. *Int J Psychophysiol*, 46, 77 - 84.
- Desai, S., Stickney, G., & Zeng, F. G. (2008). Auditory-visual speech perception in normal-hearing and cochlear-implant listeners. *J Acoust Soc Am*, 123, 428 - 440.
- Dien, J., Spencer, K. M., & Donchin, E. (2004). Parsing the late positive complex: Mental chronometry and the ERP components that inhabit the neighborhood of the P300. *Psychophysiology*, 41, 665 - 678.
- Dinteren, R. v., Arns, M., Longsma, M. L., & Kessels, R. P. (2014). P300 Development across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*, 9, 1 - 13.
- Driesen, N. R., & Raz, N. (1995). The influence of sex, age, and handedness on corpus callosum morphology: A meta-analysis. *Psychobiology*, 23, 240 - 247.
- Duncan, C. C., Barry, R. J., Connolly, J. F., Fischer, C., Michie, P. T., Naatanen, R., . . . Petten, C. V. (2009). Event-related potentials in clinical research: Guidelines for eliciting, recording, and quantifying mismatch negativity, P300, and N400. *Clinical Neurophysiology*, 120, 1883 - 1908.
- Duncan, J., & Owen, A. M. (2000). Common regions of the human frontal lobe recruited by diverse cognitive demands. *Trends in Neurosciences*, 23, 475 - 483.
- Ebmeier, K. P., Steele, J. D., MacKenzie, D. M., O'Carroll, R. E., Kydd, R. R., Glabus, M. F., Goodwin, G. M. (1995). Cognitive brain potentials and regional cerebral blood flow equivalents during two- and three-sound auditory "oddball tasks". *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 95, 434 - 443.
- Ernst, A., & Frisén, J. (2015). Adult Neurogenesis in Humans - Common and Unique Traits in Mammals. *PLoS Biol*, 13, e1002045.
- Evans, E. F. (2003). Physiology of the auditory system. Em J. M. Furman, A. Martini, & D. Stephens, *Textbook of Audiological Medicine* (pp. 157 - 178). Canada: Martin Dunitz.
- Freitas, S., Simões, M. R., & Santana, I. (2013). Montreal Cognitive Assessment: Validation Study for Mild Cognitive Impairment and Alzheimer Disease. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 7, 37 - 43.

- Freitas, S., Simões, M. R., Alves, L., & Santana, I. (2011). Montreal Cognitive Assessment (MoCA): Normative study for the Portuguese population. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 9, 989 - 996.
- Freyman, R. L., Balakrishnan, U., & Helfer, K. S. (2004). Effect of number of masking talkers and auditory priming on informational masking in speech recognition. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115, 2246 - 2256.
- Fu, Q.-J., & Nogaki, G. (2005). Noise Susceptibility of Cochlear Implant Users: The Role of Spectral Resolution and Smearing. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 6, 19 - 27.
- Gaeta, H., Friedman, D., & Hunt, G. (2003). Stimulus characteristics and task category dissociate the anterior and posterior aspects of the novelty P3. *Psychophysiology*, 40, 198 - 208.
- Gallacher, J., Ilubaera, V., Ben-Shlomo, Y., Bayer, A., Fish, M., Babisch, W., & Elwood, P. (2012). Auditory threshold, phonologic demand, and incident dementia. *Neurology*, 79, 1583 - 1590.
- Gelfand, S. A. (2010). Binaural and Spatial Hearing. Em S. A. Gelfand, *Hearing: An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics* (5 th ed., pp. 231-256). New York: informa .
- Giraud, A.-L., Price, C. J., Graham, J. M., Truy, E., & Frackowiak, R. S. (2001). Cross-Modal Plasticity Underpins Language Recovery after Cochlear Implantation. *Neuron*, 30, 657 - 663.
- Giraud, A.-L., Truy, E., Frackowiak, R. S., Grégoire, M.-C., Pujol, J.-F., & Collet, L. (2000). Differential recruitment of the speech processing system in healthy subjects and rehabilitated cochlear implant patients. *Brain*, 123, 1391 - 1402.
- Gomes, H., Duff, M., Barnhardt, J., Barrett, S., & Ritter, W. (2007). Development of auditory selective attention: Event-related potential measures of channel selection and target detection. *Psychophysiology*, 44, 711 - 727.
- Group, U. C. (2004). Criteria of Candidacy for Unilateral Cochlear Implantation in Postlingually Deafened Adults I: Theory and Measures of Effectiveness. *Ear & Hearing*, 25, 310-335.

- Gurgel, R. K., Ward, P. D., Schwartz, S., Norton, M. C., Foster, N. L., & Tschanz, J. T. (2014). Relationship of Hearing loss and Dementia: a Prospective, Population-based Study. *Otol Neurotol.*, 35, 775 - 781.
- Hale, J. B., Hoepfner, J.-A. B., & Fiorello, C. A. (2002). Analyzing Digit Span Components for Assessment of Attention Processes. *J Psychoeduc Assess*, 20, 128 - 143.
- He, B., Lian, J., Spencer, K. M., Dien, J., & Donchin, E. (2001). A Cortical Potential Imaging Analysis of the P300 and Novelty P3 Components. *Hum Brain Mapp*, 12, 120 - 130.
- Henkin, Y., Tetin-Schneider, S., Hildesheimer, M., & Kishon-Rabin, L. (2009). Cortical Neural Activity Underlying Speech Perception in Postlingual Adult Cochlear Implant Recipients. *Audiology & Neurotology*, 39 - 53.
- Huang, W.-J., Chen, W.-W., & Zhang, X. (2015). The neurophysiology of P300 - an integrated review. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 19, 1480-1488.
- Humes, L. E. (1996). Speech understanding in the elderly. *J Am Acad Audiol*, 7, 161 - 167.
- Humes, L. E., Duhono, J. R., Gordon-Salant, S., Lister, J. J., Cacace, A. T., Cruickshanks, K. J., Wingfield, A. (2012). Central Presbycusis: A Review and Evaluation of the Evidence. *Journal of the American Academy of Audiology*, 635 - 666.
- Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 10, 371 - 375.
- Junior, F. C., Pinna, M. H., Alves, R. D., Malerbi, A. F., & Bento, R. F. (2016). Cochlear Implantation and Single-sided Deafness: A Systematic Review of the Literature. *Int Arch Otorhinolaryngol*, 69-75.
- Keating, P., & King, A. J. (27 de December de 2013). Developmental plasticity of spatial hearing following asymmetric hearing loss: context-dependent cue integration and its clinical implications. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 7.
- Kiehl, K. A., Laurens, K. R., Duty, T. L., & Forster, B. B. (2001). Neural sources involved in auditory target detection and novelty processing: An event-related fMRI study. *Psychophysiology*, 38, 133 - 142.

- Kiehl, K. A., Stevens, M. C., Laurens, K. R., Pearlson, G., Calhoun, V. D., & Liddle, P. F. (2005). An adaptive reflexive processing model of neurocognitive function: supporting evidence from a large scale (n=100) fMRI study of an auditory oddball task. *NeuroImage*, 25, 899 - 915.
- Kirino, E., Belger, A., Goldman-Rakic, P., & McCarthy, G. (2000). Prefrontal Activation Evoked by Infrequent Target and Novel Stimuli in a Visual Target Detection Task: An Event-Related Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *The Journal of Neuroscience*, 6612 - 6618.
- Kitterick, P. T., O'Donoghue, G. M., Edmondson-Jones, M., Marshall, A., Jeffs, E., Craddock, L., Seeber, B. U. (2014). Comparison of the benefit of cochlear implantation versus contralateral routing of signal hearing aids in adult patients with single-sided deafness: study protocol for a prospective within-subject longitudinal trial. *Ear, Nose, & Throat Disorders*.
- Klein, C. J., Bird, T., Ertekin-Taner, N., Lincoln, S., Hjorth, R., Wu, Y., Nicholson, G. A. (2013). DNMT1 mutation hot spot causes varied phenotypes of HSAN1 with dementia and hearing loss. *Neurology*, 80, 824 - 828.
- Klein, C. J., Botuyan, M.-V., Wu, Y., Ward, C. J., Nicholson, G. A., Hammans, S., Dyck, P. J. (2011). Mutations in DNMT1 cause hereditary sensory neuropathy with dementia and hearing loss. *Nat. Genet.*, 43, 595 - 600.
- Knight, R. T. (1984). Decreased response to novel stimuli after prefrontal lesions in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 59, 9 - 20 .
- Knight, R. T., Graboweky, M. F., & Scabini, D. (1995). Role of Human Prefrontal Cortex in Attention Control. *Epilepsy and the Functional Anatomy of the Frontal Lobe*, 3.
- Lee, H.-J., Giraud, A.-L., Kang, E., Oh, S.-H., Kang, H., Kim, C.-S., & Lee, D. S. (April de 2007). Cortical Activity at Rest Predicts Cochlear Implantation Outcome. *Cerebral Cortex*, 17, 909 - 917.
- Lieu, J. E. (2004). Speech-Language and Educational Consequences of Unilateral Hearing Loss in Children. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 130, 524-530.

- Lima, C. F., Meireles, L. P., Fonseca, R., & Castro, S. L. (2008). The Frontal Assessment Battery (FAB) in Parkinson's disease and correlations with formal measures of executive functioning. *Journal of Neurology*, 255, 1756 - 1761.
- Lin, F. R., Ferrucci, L., Metter, E. J., An, Y., Zonderman, A. B., & Resnick, S. M. (2011). Hearing loss and cognition in the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Neuropsychology*, 25, 763 - 770.
- Lin, F. R., Metter, E. J., O'Brien, R. J., Resnick, S. M., Zonderman, A. B., & Ferrucci, L. (2011). Hearing loss and incident dementia. *Arch Neurol*, 68, 214 - 220.
- Lin, F. R., Yaffe, K., Xia, J., Xue, D.-L., Harris, T. B., Purchase-Helzner, E., Simonsick, E. M. (2013). Hearing Loss and Cognitive Decline in Older Adults. *JAMA*, 173, 293- 299.
- Lin, M. Y., Gutierrez, P. R., Stone, K. L., Yaffe, K., Ensrud, K. E., Fink, H. A., Mangione, C. M. (2004). Vision Impairment and Combined Vision and Hearing Impairment Predict Cognitive and Functional Decline in Older Women. *American Geriatrics Society*, 52, 1996 - 2002.
- Mattys, S. L., Brooks, J., & Cooke, M. (2009). Recognizing speech under a processing load: Dissociating energetic from informational factors. *Cognitive Psychology*, 59, 203 - 243.
- McPherson, D. L., Ballachanda, B. B., & Kaf, W. (2007). Middle and Long Latency Auditory Evoked Potentials. Em R. J. Roeser, M. Valente, & H. Hosford-Dum, *Audiology Diagnosis* (pp. 443 - 477). New York: Thieme.
- Mertens, G., Punte, A. K., De Bodt, M., & de Heyning, P. V. (2015). Binaural Auditory Outcomes in Patients with Postlingual Profound Unilateral Hearing Loss: 3 Years after Cochlear Implantation. *Audiology & Neurotology*, 20, 67-72.
- Mertens, R., & Polich, J. (1997). P300 from a single-stimulus paradigm: passive versus active tasks and stimulus modality. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 104, 488 - 497.
- Musiek, F. E., & Baran, J. A. (2007). Overview of the Anatomy and Physiology of the Auditory System. Em F. E. Musiek, & J. A. Baran, *The AUDITORY SYSTEM - Anatomy, Physiology, and Clinical Correlates* (pp. 1 - 37). Boston: Pearson Education.

- Musiek, F. E., & Baran, J. A. (2007). The External Ear: Its Structure and Function. Em F. E. Musiek, & J. A. Baran, *The AUDITORY SYSTEM - Anatomy, Physiology, and Clinical Correlates* (pp. 38 - 47). Boston: Pearson Education.
- Musiek, F. E., Weihing, J. A., & Oxholm, V. B. (2007). Anatomy and Physiology of the Central Auditory Nervous System: A Clinical Perspective. Em R. J. Roeser, M. Valente, & H. Hosford-Dunn, *Audiology Daignosis* (pp. 37 - 64). New York: Thieme.
- Nasreddine, Z. S., Phillips, A. N., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., . . . Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *BRIEF METHODOLOGICAL REPORTS*, 53, 695 - 699.
- Nelson, P. B., & Jin, S.-H. (2004). Factors affecting speech understanding in gated interference: Cochlear implant users and normal-hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115, 2286 - 2294.
- Neuroscience, S. f. (2012). Introduction. Em S. f. Neuroscience, *BrainFacts - A Primer on the Brain and Nervous System* (pp. 4,5). Washington.
- Obuchi, C., Harashima, T., & Shiroma, M. (2012). Auditory Evoked Potentials under Active and Passive Hearing Conditions in Adult Cochlear Implant Users. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, 5, 56 - 59.
- Offeciers, E., Morera, C., Muller, J., Huarte, A., Shallop, J., & Cavallé, L. (2005). International consensus on bilateral cochlear implants and bimodal atimulation. *Acta Oto-Laryngolo*, pp. 918-919.
- Organization, W. H. (17 de Outubro de 2016). *WHO - Prevention of blindness and deafnsee - Grades of hearing impairment*. Obtido de World Health Organization: www.who.int/pbd/deafness/hearing_impairment_grades/en/
- Peterson, N. R., Pisoni, D. B., & Miyamoto, R. T. (2010). Cochlear implants and spoken language processing abilities: Review and assessment of the literature. 28, 237 - 250.
- Pichora-Fuller, M. K., Schneider, B. A., & Daneman, M. (1995). How young and old adults listen to and remember speech in noise. *J. Acoust. Soc. Am.*, 97, 593 - 608.
- Polich, J. (1997). On the relationship between EEG and P300: individual differences, aging, and ultradian rhythms. *International Journal of Psychophysiology*, 26, 299 - 317.

- Polich, J., & Comerchero, M. (2003). P3a from Visual Stimuli: Typicality, Task, and Topography. *Brain Topogr*, 15, 141 - 152.
- Polich, J., & Hoffman, L. D. (1998). P300 and handedness: On the possible contribution of corpus callosal size to ERPs. *Psychophysiology*, 35, 497 - 507.
- Portellano, J. A. (2005). Estudio funcional del sistema nervioso - Estudio de los lóbulos cerebrales. Em J. A. Portellano, *Introducción a la neuropsicología* (pp. 83 - 107). Madrid: McGRAE-HILL.
- Rabbitt, P. M. (1968). Channel-capacity, intelligibility and immediate memory. *Q J Exp Psychol*, 20, 241 - 248.
- Rosenthal, E. N., Riccio, C. A., Gsanger, K. M., & Jarrat, K. P. (2006). Digit Span components as predictors of attention problems and executive functioning in children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21, 131 - 139.
- Rouger, J., Fraysse, B., Deguine, O., & Barone, P. (10 de January de 2008). McGurk effects in cochlear-implanted deaf subjects. *Brain Research*, 1188, 87-99.
- Rouger, J., Fraysse, B., Deguine, O., & Barone, P. (2008). McGurk effects in cochlear-implanted deaf subjects. *Brain Res*, 1188, 87 - 99.
- Rouger, J., Lagleyre, S., Fraysse, B., Deneve, S., Deguine, O., & Barone, P. (2017). Evidence that cochlear-implanted deaf patients are better multisensory integrators. *Proc Natl Acad Sci USA*, 104, 7295 - 7300.
- Salvi, R. J., Sun, W., & Lobarinas, E. (2007). Anatomy and Physiology of the Peripheral Auditory System. Em R. J. Roeser, M. Valente, & H. Hosford-Dunn, *Audiology Diagnosis* (pp. 17- 36). New York: Thieme.
- Siegel, A., & Sapru, H. N. (2011). Sebsory Systems - AUDITORY AND VESTIBULAR SYSTEMS. Em A. Siegel, & H. N. Sapru, *Essential Neuroscience* (pp. 293 - 309). Philadelphia: thePoint.
- Sinha, U. K., Hollen, K. M., Rodriguez, R., & Miller, C. A. (1993). Auditory system degeneration in Alzheimer's disease. *Neurology*, 43, 779 - 785.

- Soshi, T., Hisanaga, S., Kodama, N., Kanekama, Y., Samejima, Y., Yumoto, E., & Sekiyama, K. (2014). Event-related potentials for better speech perception in noise by cochlear implant users. *Hearing Research*, 110 - 121.
- Strelnikov, K., Rouger, J., Demonet, J. F., Lagleyre, S., Fraysse, B., Deguine, O., & Barone, P. (2010). Does Brain Activity at Rest Reflect Adaptive Strategies? Evidence from Speech Processing after Cochlear Implantation. *Cerebral Cortex*, 20, 1217 - 1222.
- Sutton, S., Braren, M., & Zubin, J. (September de 24 de 1965). Evoked-Potential Correlates of Stimulus Uncertainty. *Science*, 150, 1187 - 1188.
- Suwazono, S., Machado, L., & Knight, R. T. (2000). Predictive value of novel stimuli modifies visual event-related potentials and behavior. *Clinical Neurophysiology*, 111, 29 - 39.
- Távora-Vieira, D., Marino, R., Acharya, A., & Rajan, G. P. (2015). The Impact of Cochlear Implantation on Speech Understanding, Subjective Hearing Performance, and Tinnitus Perception in Patients with Unilateral Severe to Profound Hearing Loss. *Otology & Neurotology*, 36, 430-436.
- Tokita, J., Dunn, C., & Hansen, M. R. (October de 2014). Cochlear Implantation and Single Sided Deafness. *Otolaryngol Head Neck Surg.*, 22, 353-358.
- Tun, P. A., McCoy, S., & Wingfield, A. (2009). 2009. Aging, Hearing Acuity, and the Attentional Costs of Effortful Listening, 24, 761 - 766.
- Tyler, R. S., Noble, W., Dunn, C., & Witt, S. (2006). Some benefits and limitations of binaural cochlear implants and our ability to measure them. *International Journal of Audiology*, 45, 113 - 119.
- Uhlmann, R. F., Larson, E. B., Rees, T. S., Koepsell, T. D., & Duckert, L. G. (1989). Relationship of hearing impairment to dementia and cognitive dysfunction in older adults. *JAMA*, 261, 1916 - 1919.
- Valente, M., Fernandez, E., & Monroe, H. (2011). Psychoacoustics. Em M. Valente, E. Fernandez, & H. Monroe, *Audiology Answers for Otolaryngologists* (pp. 1-11). New York: Thieme.
- Verbaten, M. N., Huyben, M. A., & Kemner, C. (1997). Processing capacity and the frontal P3. *International Journal of Psychophysiology*, 25, 237 - 248.

Voyer, D., & Ingram, J. (2005). Attention, reliability, and validity of perceptual asymmetries in the fused dichotic words test. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 10, 545 - 561.

Zeng, F.-G. (2004). Trends in Cochlear Implants. *Trends In Amplification*, 8, pp. 1-34.

Zilmer, E. A., Spiers, M. V., & Culbertson, W. C. (2008). Vision and Language. Em E. A. Zilmer, M. V. Spiers, & W. C. Culbertson, *Principles of NEUROPSYCHOLOGY* (pp. 199 - 223). Belmont: Thomson Wadsworth.

9. Anexos

ANEXO 1 - Inquérito

ANEXO 2 – Informação aos pacientes

ANEXO 3 – Consentimento Informado

ANEXO 4 – Gráfico de Blamey

ANEXO 5 – Tabelas de Resultados

ANEXO 6 – Palavra e Pseudo-palavras

ANEXO 7 – Gráficos P300

Anexo 1 – Inquérito

História Clínica

ID:

Habilitações literárias:

Profissão:

Nacionalidade:

Cidade de residência:

Língua de origem:

Outras línguas:

Problemas visuais: Se sim, especificar:

História de alterações da linguagem (em criança)

Dificuldades severas de leitura e escrita, dislexia

Dificuldades severas com a Matemática

Dificuldades perceptivo-motoras

Dificuldades de aprendizagem da linguagem

Gaguez _____ Infecções auditivas na infância _____

Hiperactividade _____ Problemas de comportamento _____

Outros: _____

História Psiquiátrica/Psicológica e Neurológica

Doenças psiquiátricas: _____

Doenças neurológicas (meningites ou outras infecções cerebrais, crises epiléticas, cefaleias, visão turva, perturbações do sono, etc.) _____

Outras situações médicas

Doenças crónicas (asma, diabetes, hiper-hipotiroidismo, alergias, consumo de substâncias etc.)

Anexo 2 – Informação aos Pacientes

Informação aos Participantes do Estudo

O Implante Coclear (IC) é uma das mais recentes e inovadoras tecnologias com a capacidade de nos “devolver” a audição. Contudo não chega ouvir com os "ouvidos", é necessário todo um desenvolvimento das vias auditivas, desde o nervo auditivo até ao córtex, onde os sons captados serão decodificados por forma a compreendermos a mensagem que nos é transmitida.

Este estudo, intitulado de "Potenciais Evocados Relacionados a Eventos (ERP-P300) na Avaliação do Benefício do Implante Coclear em Hipoacusias Neurosensoriais Unilaterais", surge no âmbito do Mestrado em Neuropsicologia Aplicada da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa, sob orientação do Professor Jorge Oliveira. Tem como objetivo avaliar o benefício que o IC oferece em casos de surdez neurosensorial unilateral, nomeadamente na discriminação do discurso em condições adversas, como é o caso do ruído, tendo em conta a estereofonia proporcionada, assim como, as modalidades que interferem nesta capacidade cognitiva, a atenção e memória auditiva.

Deste estudo fazem parte: o preenchimento de um inquérito, realização de exames comportamentais (audiograma tonal simples e audiograma vocal), o P300 e por fim testes neuropsicológicos de atenção auditiva (decisão lexical) e memória auditiva (digit span), a Avaliação Cognitiva de Montreal (MoCA) e a Bateria de Avaliação Frontal (FAB), sendo que todos estes testes são indolores e não invasivos.

Não existe qualquer incentivo monetário para a participação neste estudo.

Para esclarecimentos adicionais sobre esta investigação, poderá contactar-nos através dos seguintes contactos:

Tlm.: 913071728

E-mail: taniadfmartins87@gmail.com

Agradecemos, desde já, a sua disponibilidade!

Anexo 3 – Consentimento Informado

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Declaração de consentimento informado

Conforme a lei 67/98 de 26 de Outubro e a “Declaração de Helsínquia” da Associação Médica Mundial (Helsínquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996, Edimburgo 2000; Washington 2002, Tóquio 2004, Seul 2008, Fortaleza 2013) – quando se aplicar

Designação do Estudo: Potenciais Evocados Relacionados a Eventos (ERP-P300) na Avaliação do Benefício do Implante Coclear em Hipoacusias Neurosensoriais Unilaterais

Eu, abaixo-assinado

_____:

Fui informado de que o Estudo de Investigação acima mencionado se destina a avaliar, através de Potenciais Evocados Relacionados a Eventos (ERP-P300), o benefício que o Implante Coclear (IC) oferece em casos de surdez neurosensorial unilateral, na discriminação de estímulos verbais no ruído, assim como as modalidades cognitivas que intervêm nesta capacidade através de testes neuropsicológicos.

Sei que neste estudo está prevista a realização do audiograma tonal simples e audiograma vocal em campo livre, o P300, tarefas neuropsicológicas tais como o Digit Span, Decisão Lexical, a Avaliação Cognitiva de Montreal (MoCA) e a Bateria de Avaliação Frontal (FAB), e o preenchimento de um inquérito, tendo-me sido explicado em que consiste cada um deles.

Também sei que alguns exames não podem ser efectuados neste hospital e que, por isso, têm que ser realizadas noutras instituições, neste caso na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

Foi-me garantido que todos os dados relativos à identificação dos Participantes neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato.

Sei que posso recusar-me a participar ou interromper a qualquer momento a participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por este facto.

Compreendi a informação que me foi dada, tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado.

Concordo que sejam efectuados os exames que fazem parte deste estudo.

Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato.

Nome do Investigador e Contacto: Tânia Daniela Ferreira Martins Tlm: 913071728.

Data

____/____/____

Assinatura

Anexo 4 – Gráfico de Blamey

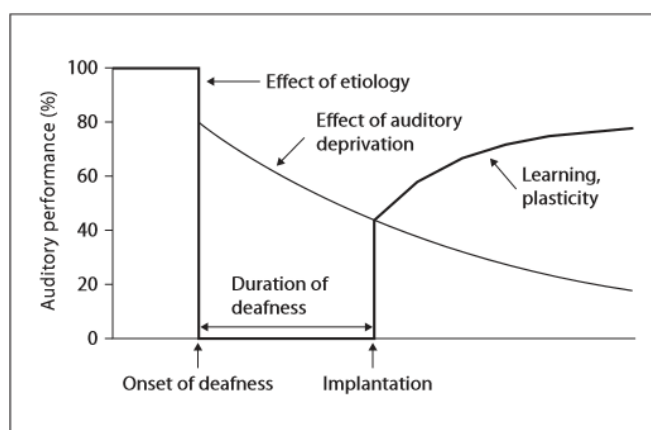


Figura 1 - Modelo de 3 estágios de desempenho auditivo ao longo do tempo mostra os fatores utilizados nas análises. reproduzido a partir de Blamey et al. 1996

Anexo 5 - Tabelas de Resultados

Código	Pontuação	
	FAB	MoCA
JS	17	28
MG	18	24
GQ	18	24
LB	18	23

Tabela 1 - Pontuações na FAB e no MoCA

Paciente	Corretas CICD	Corretas SICD	Corretas CICI	Corretas SICI	TotalCorr. CIC	TotalCorr. SIC
JS	10	11	13	13	23	24
MG	5	6	8	7	13	13
GQ	7		6		13	
LB	7		5		12	

Tabela 2 - Resultados da tarefa Digit Span nas condições direta e inversa com implante coclear (CIC) e sem implante coclear (SIC)

Código	Média tempo reação		Nº Acertos n=20	
	CIC	SIC	CIC	SIC
JS	1340,222	1461,333	19	19
MG	1712,571	1676	16	18

Tabela 3 - Tabela de resultados da tarefa decisão lexical com implante coclear (CIC) e sem implante coclear (SIC)

Anexo 6 - Lista de Palavras Decisão Lexical

Palavras

Sapato

Buzina

Cabana

Fada

Figo

Girafa

Guizo

Janela

Nabo

Ripa

Pseudo-palavras

Bano

Dafa

Fagira

Guifo

Laneja

Nabaca

Passato

Pirra

Zibuna

Zigo

Anexo 7 – Gráficos P300

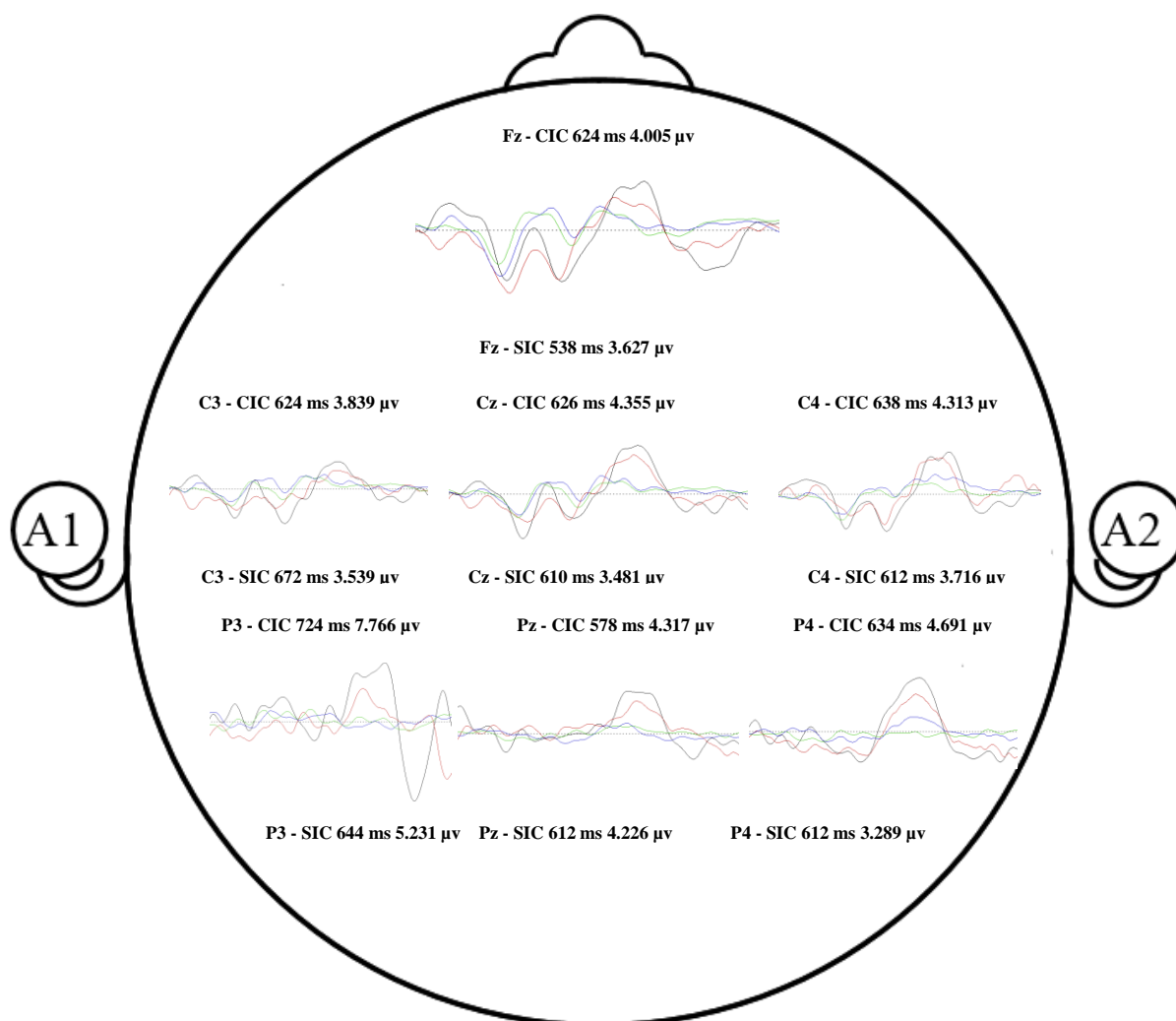


Figura 2 - Paciente JS com e sem implante com ruído branco

----- Com ICr; ----- Sem ICr; ----- Com ICf ----- Sem ICf

*r (estímulo raro); f (estímulo frequente)

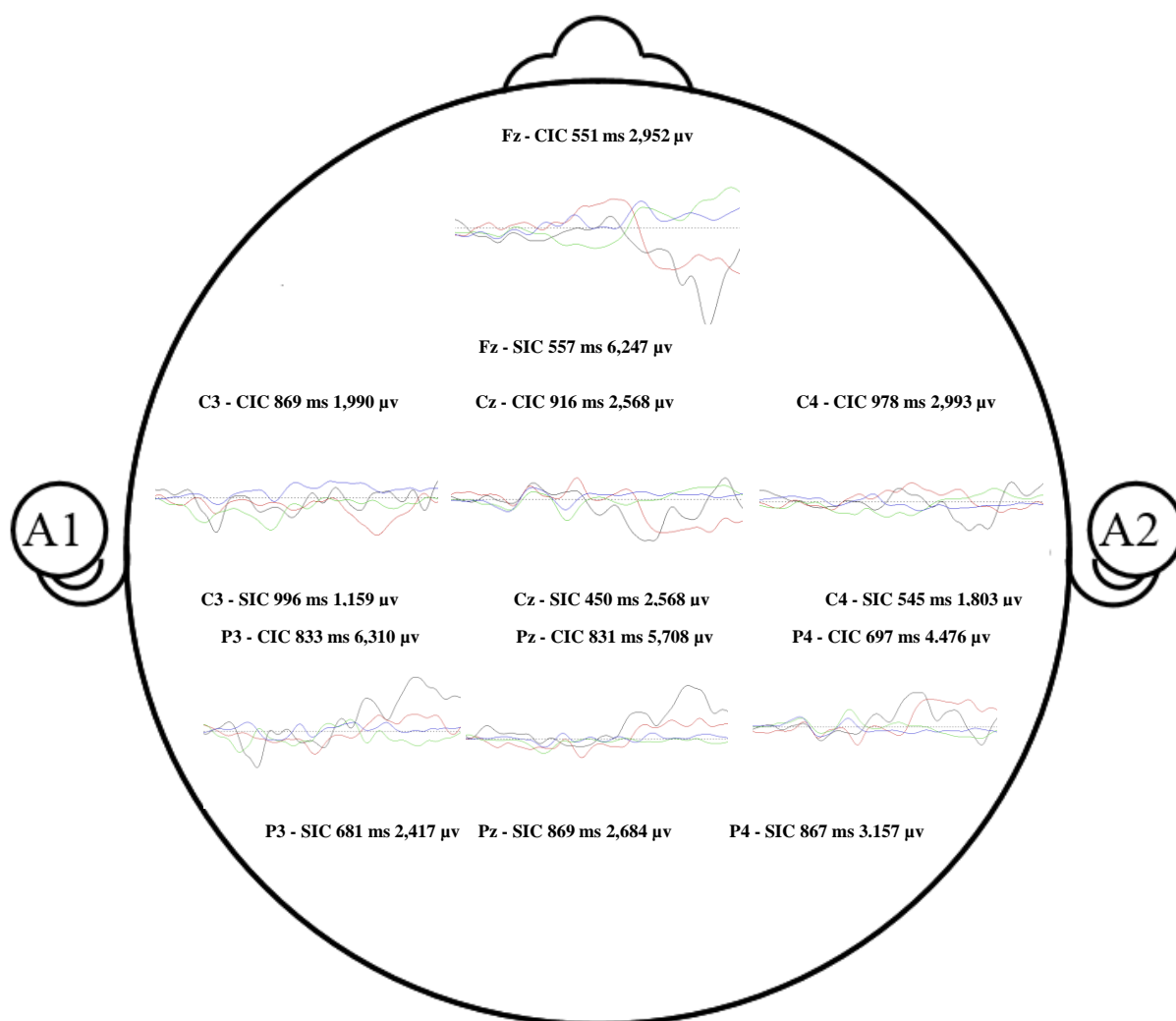


Figura 3 - Paciente MG com e sem implante com ruído branco

----- Com ICr; - - - - - Sem ICr; - - - - - Com ICf - - - - - Sem ICf

*r (estímulo raro); f (estímulo frequente)

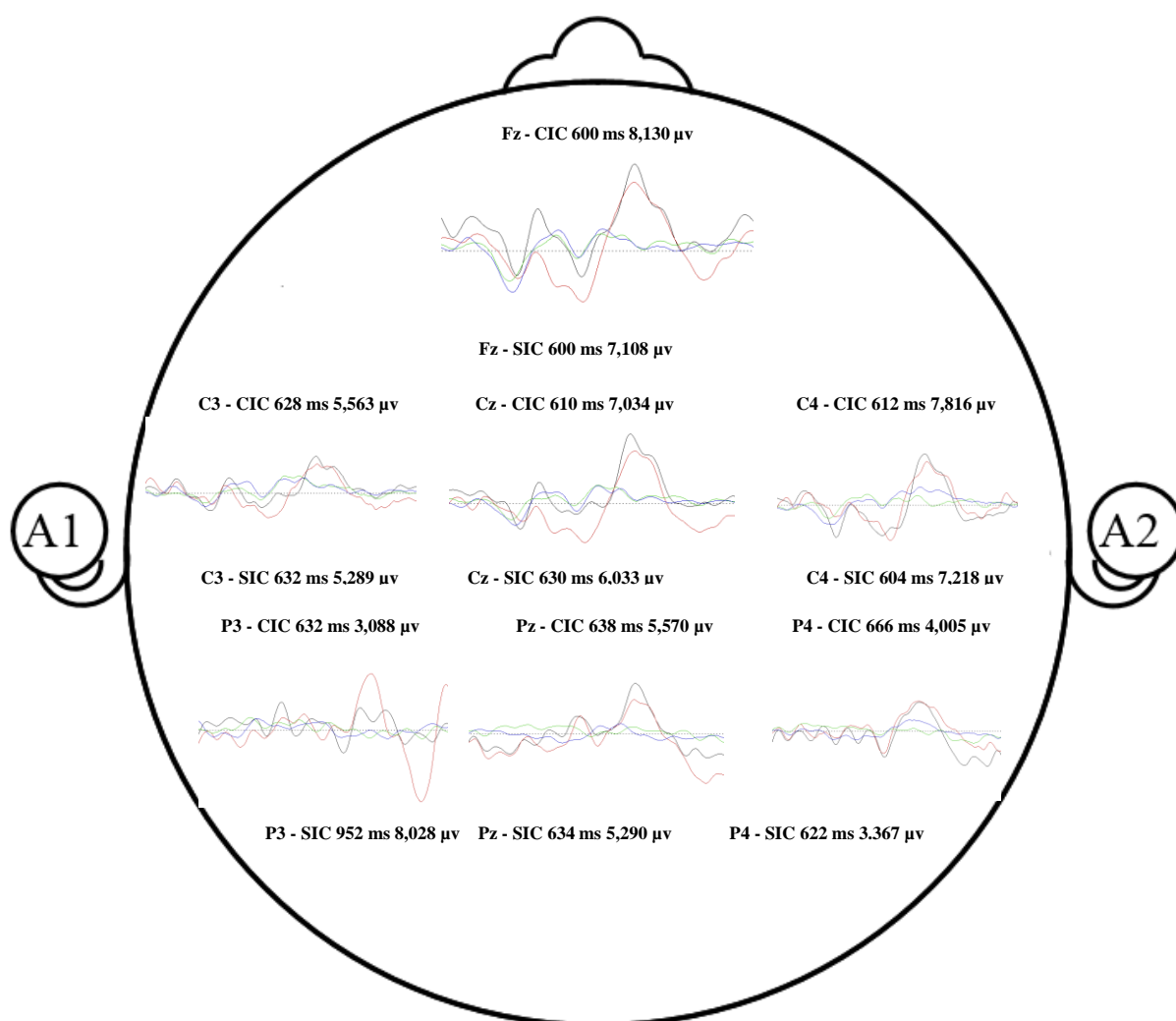


Figura 4 - Paciente JS com e sem implante com two talker babble

----- Com ICr; - - - - - Sem ICr; - - - - - Com Icf - - - - - Sem Icf

*r (estímulo raro); f (estímulo frequente)

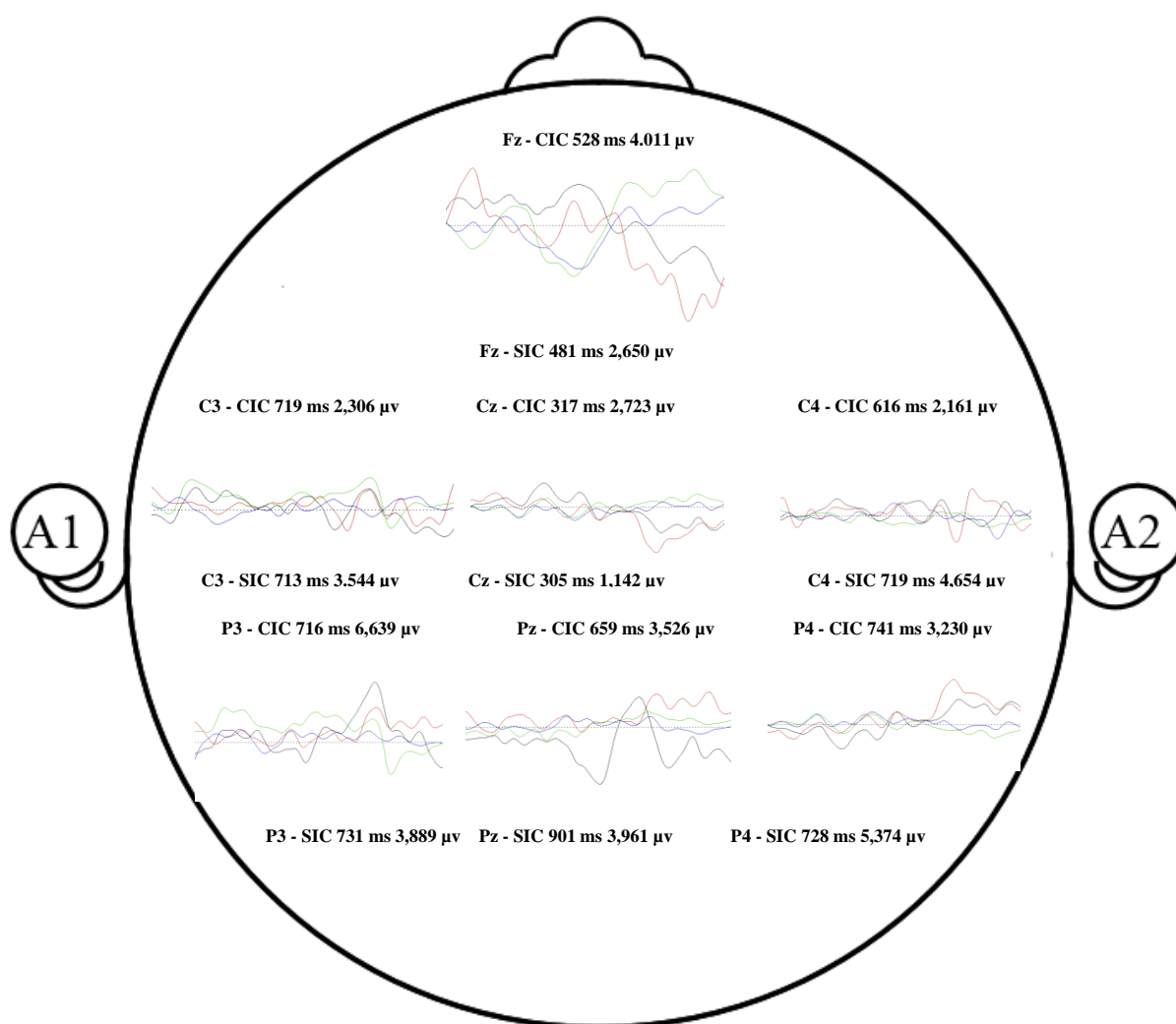


Figura 5 - Paciente MG com e sem implante com two talker babble

----- Com ICr; - - - - - Sem ICr; - - - - - Com ICf - - - - - Sem ICf

*r (estímulo raro); f (estímulo frequente)

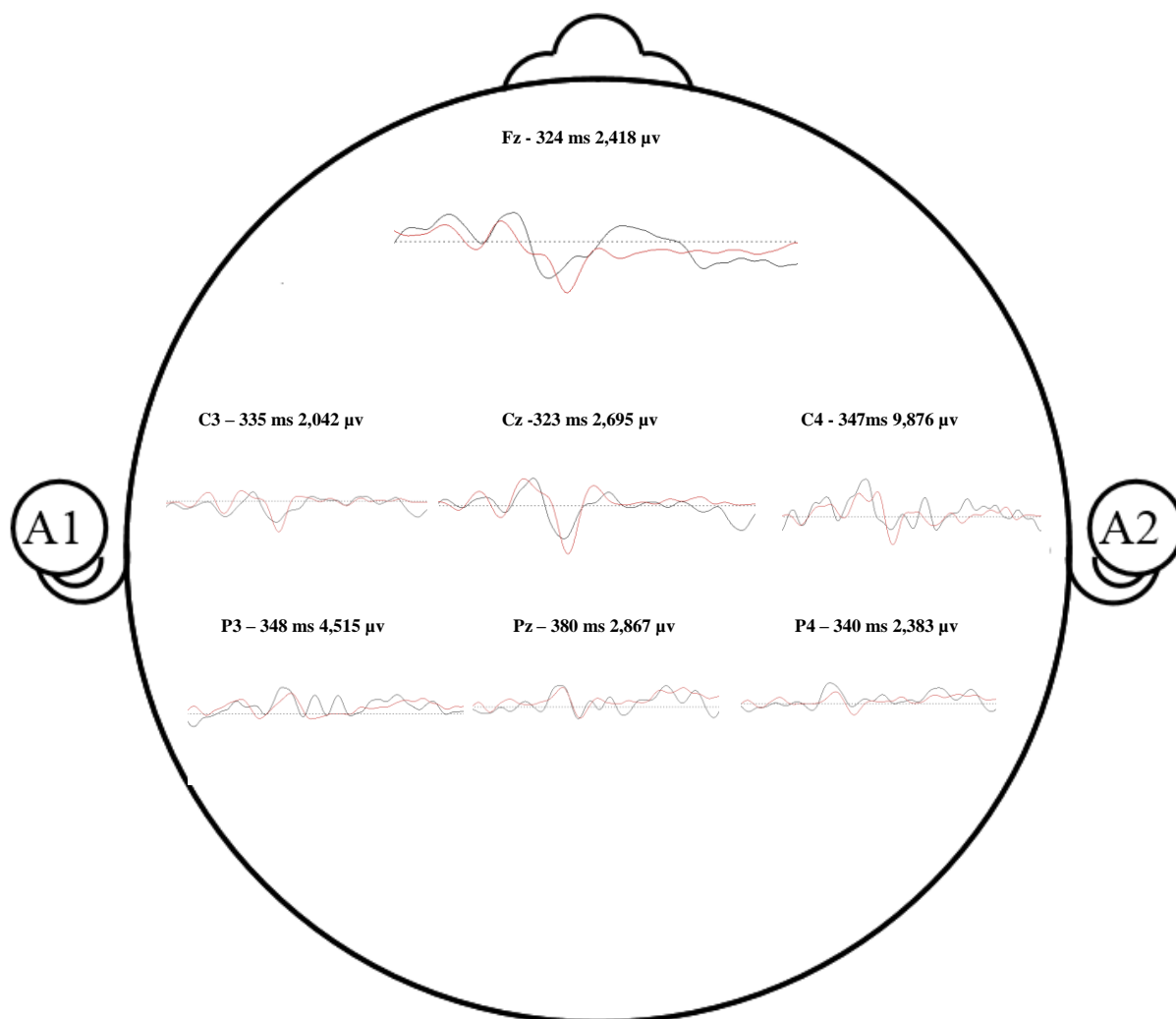


Figura 6 - Grupo de controlo, paciente GQ com ruído branco

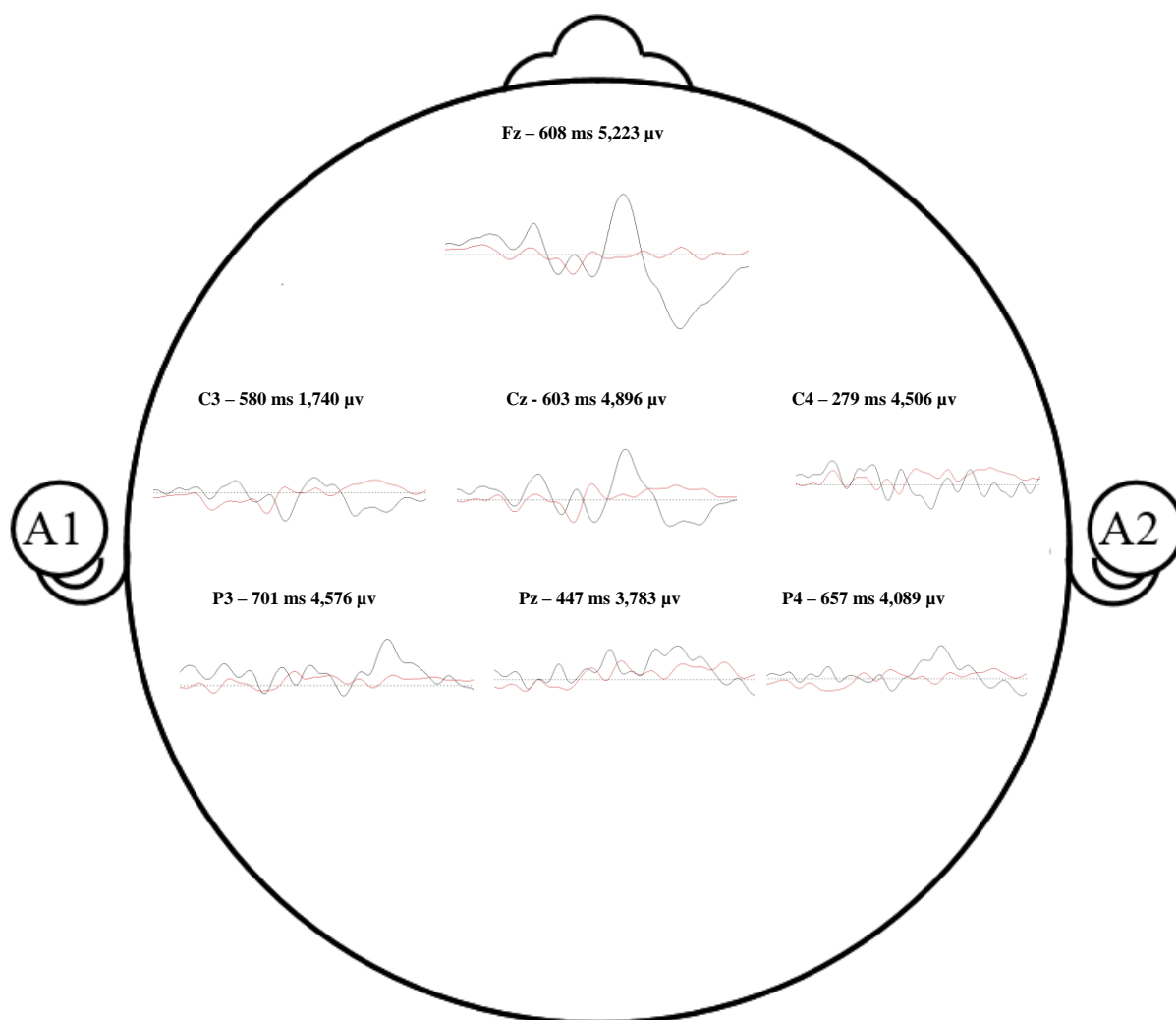


Figura 7 - Grupo de controlo, paciente GQ com two talker babble

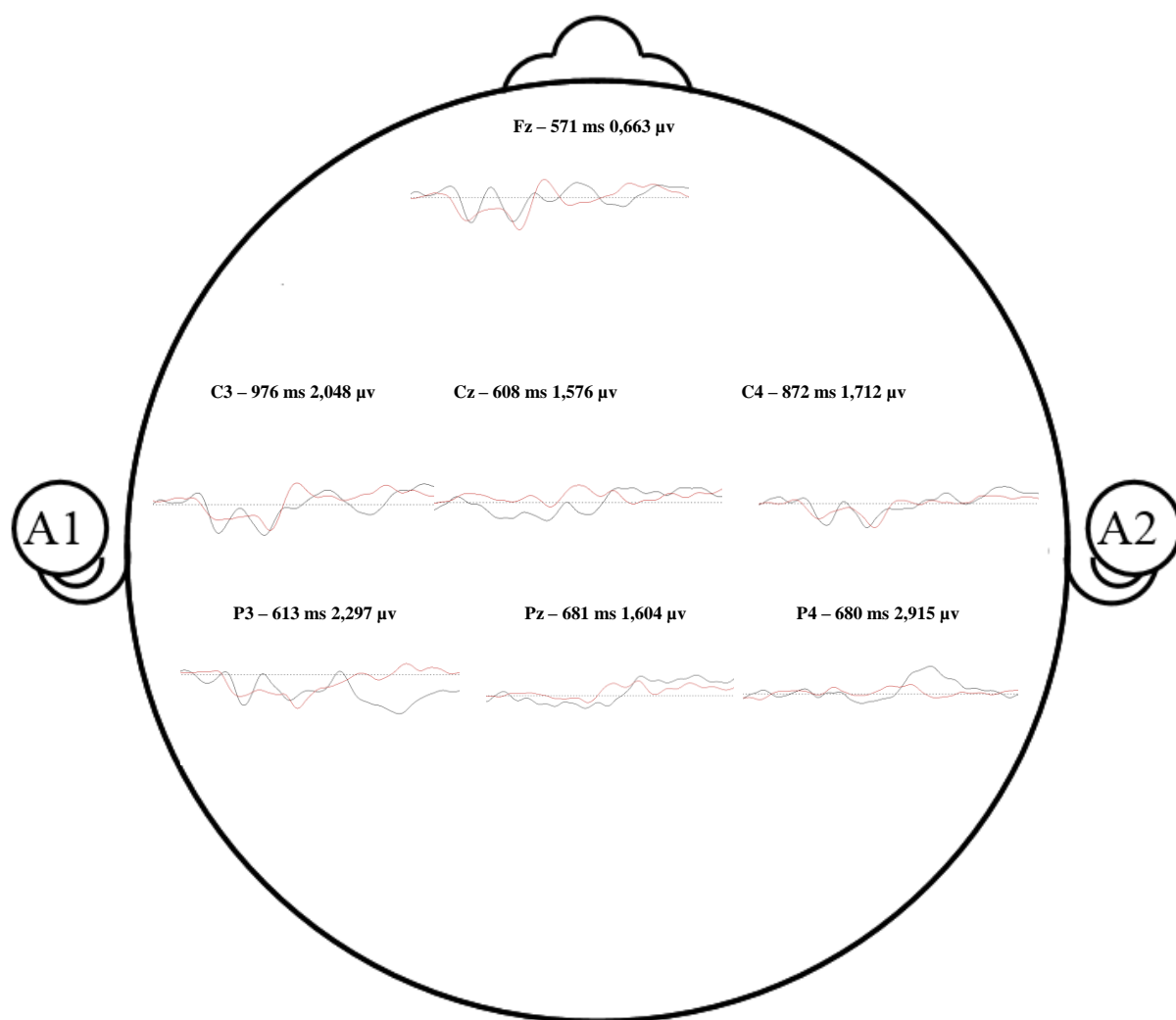


Figura 8 - Grupo de controlo, paciente LB com ruído branco

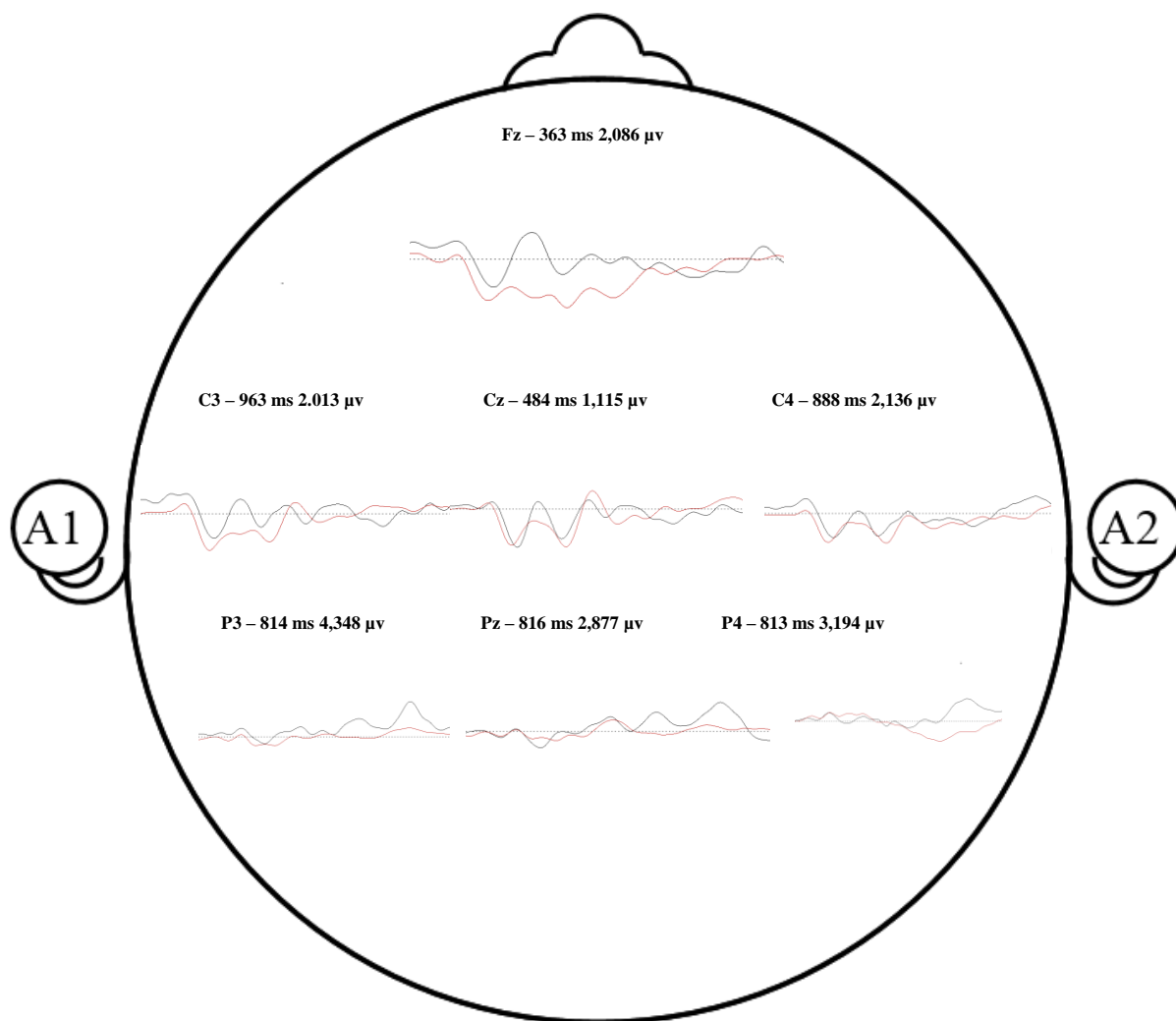


Figura 9 - Grupo de controlo, paciente LB com two talker babble

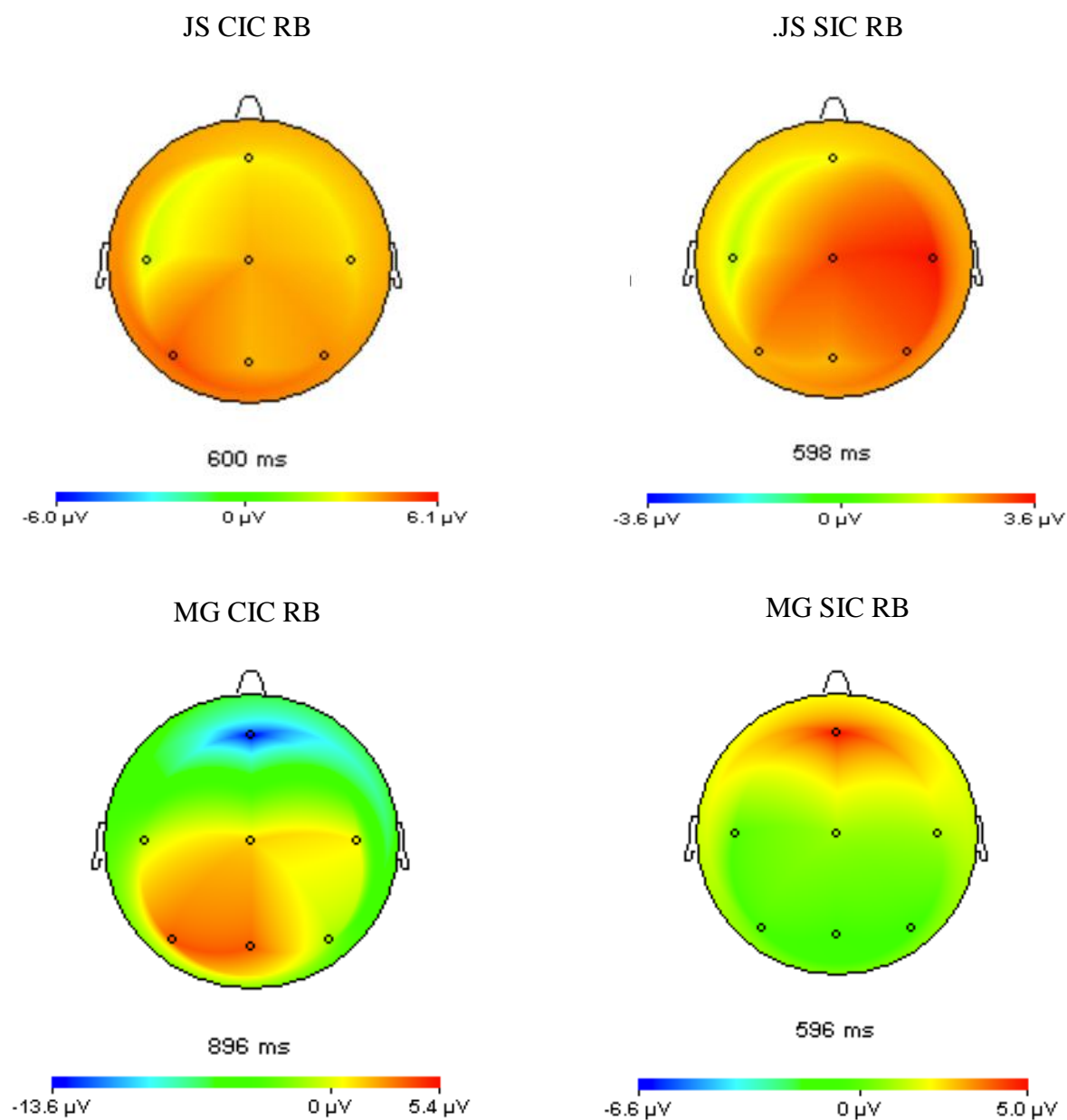


Figura 10 - Distribuição topográfica do grupo clínico no RB

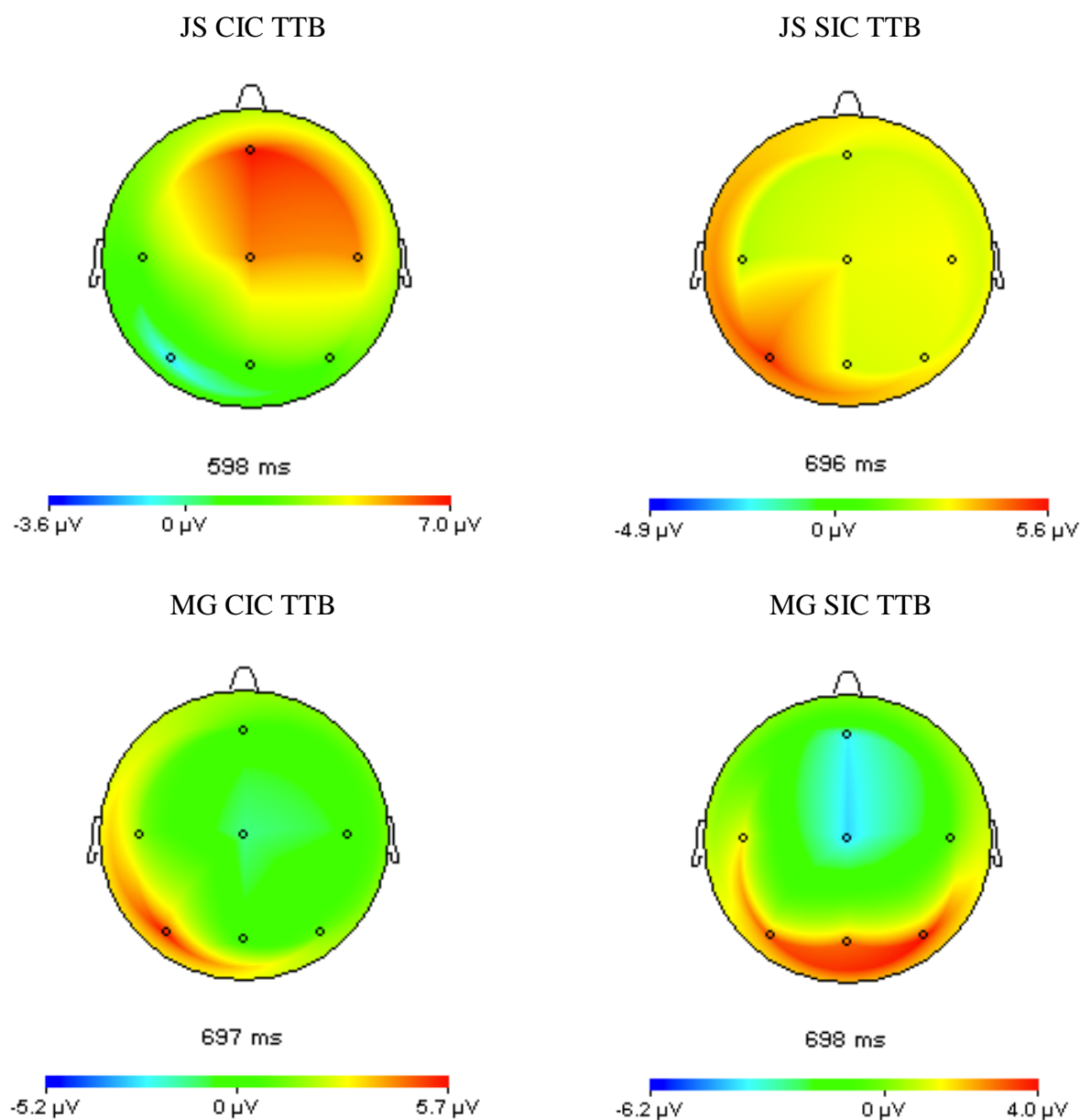


Figura 11 - Distribuição topográfica grupo clínico TTB

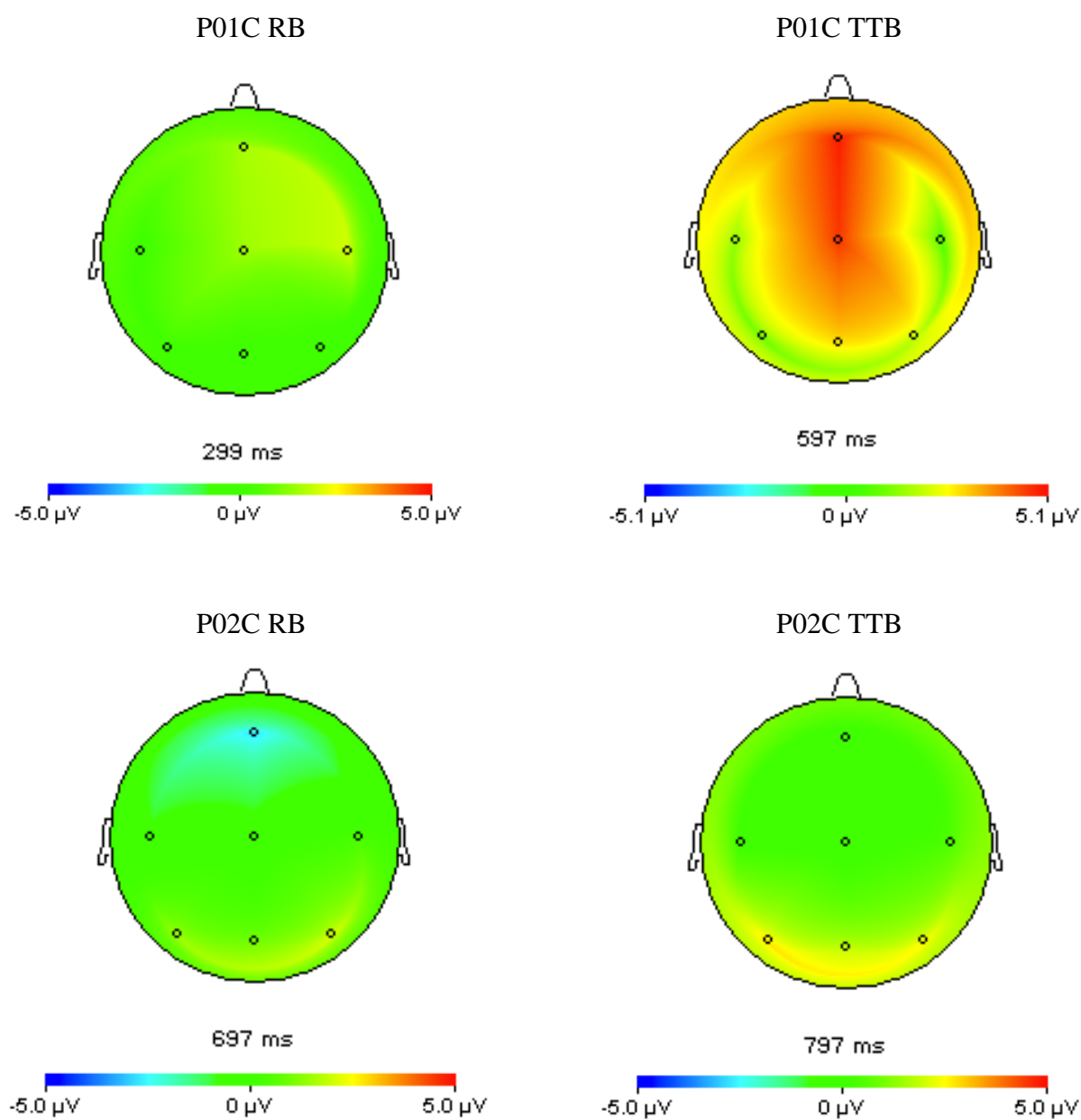


Figura 12 - Distribuição topográfica grupo de controlo RB e TTB